

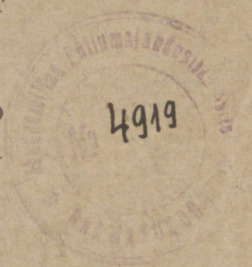
21/171

692

BETOONITÖÖDE ERITEADLASE KÄSIRAAMAT

TÖLKINUD ROOTSI KEELEST
INS. E. TOMINGAS

PARANDUSED JA TÄIENDUSED
INS. A. GRAUEN'ilt JA
INS. H. OENGO'lt



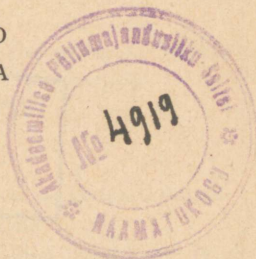
A-13259

21/171

BETOONITÖÖDE ERITEADLASE KÄSIRAAMAT

TÖLKINUD ROOTSI KEELEST
INS. E. TOMINGAS

PARANDUSED JA TÄIENDUSED
INS. A. GRAUEN'ilt JA
INS. H. OENGO'lt



Haridusministeeriumi otsusega käesolev raamat on
lubatud tarvitusele võtta käsiraamatuna Tehnikumi ja
Tööstuskeskkoolide ehitusosakondades.

PIPA
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

i 32957294

Trükikoda J. Roosileht & Ko, Tallinn, Lühike jalg 4.

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

-103

SISUKORD.

	Lk.
Saateks	5
Üldisi vaatekohti betooni suhtes	7
a) Tsemendihulga mõju	9
b) Vesitsementteguri mõju	10
c) Segamisaja mõju	11
d) Kõvenemistemperatuuri mõju	12
e) Järelkäsitlemise mõju	12
f) Vanuse mõju	13
I. Harilik betoon.	
A. Seguvahekorra määramine	15
a) Seguvahekorra määramine antud tsemendihulga puhul	15
b) Seguvahekorra määramine antud betooni surutugevuse puhul	18
B. Betooniprotokoll	20
C. Materjali eriuurimused	26
Proov 1. Huumussisalduvuse uurimine	26
Proov 2. Savi- ja mudauurimine	26
Proov 3. Liiva kokkutõmbumis- või paisumisteguri uurimine	27
Proov 4. Niiskuse uurimine liivas ja kivimaterjalis	29
Proov 5. Mahukaalu uurimine	31
Proov 6. Poorsusteguri uurimine	33
Proov 7. Tihumassi määramine	33
Proov 8. Tegelikke segamiskatseid liiva ja kivimaterjaliga	36
Proov 9. Liiva ja kivimaterjali sõelumine	38
Proov 10. Agregadi koostamine sõelumiskõverikkude järele	40
D. Proovimisvahendid	43
II. Veekindel betoon.	
Tsemendihulk tiheda betooni saamiseks	45
III. Vibreeritud betoon	51
IV. Betoonisegude matemaatiline arvutamine	54
V. Üldisi juhiseid betooni valmistamise kohta	58
Lisa. Tabelid:	
Mitmesuguste materjalide kaal ja maht	61
Segude koosseisud kruusliiva-betoonis	62
Segude koosseisud killustikbetoonis	63
Armatuurraudade ja I-talade kaalud	64

BETONITÖÖDE ERITEADLASE KÄSIRAAMAT.

S A A T E K S.

Kuigi betoontöid suudetakse tänapäev teostada vägagi teadlikult, saavutades just soovitud omadustega betooni, kusjuures ettearvestatud resultaadi kõikumise piirid järjest vähenevad, on meil säärast teaduslikku käsitamiseviisi senini rakendatud täiel määral vaid üksikute suurtööde puhul.

Selle üheks põhjuseks on kõikide vajaliste teadmiste süstematiseerimatus ning vastavate kindlate juhtnööride puudus praktiliseks rakendamiseks töökohal. Kuna betoon väga mitmekülgsede omadustega materjalina nõuab valmistamisel väga mitmekesisest käsitamisest, vastavalt ta edaspidistele ülesannetele ning antud osainete omadustele, siis betooni teadliku valmistamise teadmiste süstemaatiline kokkuvõte peaks olema teretulnud meie senini veel võrdlemisi vaesel tehnilise kirjanduse turul.

Käesolev raamat püüab pakkuda säärast kokkuvõtet. Ta moodustab oma peaosas *) tõlke rootsikeelsest „BETONG-FACKMANNENS HANDBOK“, mis ilmus Rootsis lühikese aja jooksul juba teises trükkis.

Raamat käsitab betoonivalmistamist vastavalt soovitud omadustele (peamiselt tugeva ja tiheda betooni saamise seisukohalt), pannes erilist rõhku õige seguvahekorra ja agregaatide valikule ning viimaste proovimisele ja uurimisele töökohal. Raamat on määratud betoonitöö alal töötavale tehnilisele personaalile, kellele on tähtis võimalikult täieline otstarbekohasus betoonivalmistamisel.

Raamatus toodud protokollide vormide kohta olgu märgitud, et need võib-olla tunduvad liiga täielikkudena tarvitusele võtmiseks

*) Originaalteksti on muudetud vaid niipalju, kui see tingitud Eesti oludest. Tähtsamad täiendused on varustatud autorite nimetähtedega.

igal töökohal, kuid nad võivad olla kasulikud kui süstematiseeritud, täiuslik sellekohane luustik.

Raamatu tõlke rootsi keelest valmistas ins. Ev. Tomingas, täiendusi ja parandusi tegid ins. A. Grauen, ins. H. Oengo, ins. V. Nemirovič-Dančenko ja V. Alver; keelelise korrektuuri teostas õpet. K. Korsen. Neile kõikidele lubatagu siinkohal avaldada sügavat tänu.

Kui käesolev raamat saaks praktikas tehnilistele jõududele tööpoolest käsiraamatuks, aidates ühtlasi tõsta teadmisi betooni tehnoloogia alal, siis konstateeriks rõõmuga ta ülesande täitumist.

Väljaandja.

Tallinn, detsember 1938. a.

ÜLDISI VAATEKOHTI BETOONI SUHTES.

B e t o o n on, nagu teada, kivinenud segu tsemendist, kivilisest lisandist ja veest.

Betooni kiviline lisand — liiv, kruus ja killustik — nimetatakse kõik agregaadiks: Kruusa ja killustikku edaspidi nimetatakse ka kivimaterjaliks.

Kuna betoon on vist ainuke ehitusmaterjal, mis tervenisti valmistatakse tööpaigal ja kõige mitmekesisemates tingimustes, siis on väga tähtis, et selle töö teostajad oleksid täiesti teadlikud kõikides neis tegurites, mis avaldavad mõju betooni headusele.

Varematel aegadel oli betoonivalmistamine sageli hasartmäng, kus õnn ja juhused sama tihti kui asjatundlikkus või isegi selle puudumine määrasid ära, kas betoon tuli hea või mitte.

Nüüd oleme juba kaunis hästi õppinud valitsema ja hindama neid tegureid, mis avaldavad mõju betooni valmistamisel; nüüd võime juba ette otsustada kõikide sesse koostisse kuuluvate aineteomaduste ja nende mõju üle lõplikule betoonsaadusele.

Tsementtaigen on betoonis see aineosa, mis moodustab koospidava sidemassi. Seda sidemassi võib vaadelda kui „tsementliimi“ ja samuti kui tiseripuitu liimides peab täpselt määrama sobiva veehulga võimalikult vastupidava liimi saamiseks, nii ka betoonitehnik täpselt määrab tsementliimile sobiva veehulga betoonis.

Samuti kui tiseriliimi on ka tsementliimi tugevus sõltuv ta veesisaldavusest ja teatud piirini mõlemate juures sidumisjõud tõuseb väheneva veesisaldavusega. Tsementliimi tugevus, s. o. betooni vastupidavus, on seega otseselt sõltuv tsemendi- ja veehulga omavahelisest suhtest ehk nn. vesitsementtegurist, milline väljendab vee- ja tsemendihulga kaalulist suhet.

Betooni koostisse kuuluva agregaadi, s. o. liiva- ja kiviosade terade suurus ja osamäär (nn. terasus) samuti avaldavad betooni kvaliteedile suurt mõju.

Tugeva ja tiheda betooni saamiseks agregaate tuleb võtta säärares vahekorras, et läbisegatud liiv + kivimaterjal koos moodustaksid nii tiheda massi kui võimalik, s. o., et segus oleks võimalikult vähem tühemeid liiva ja kiviosade vahel. Tiheda betooni valmistamisel need õõnsused tulevad täita tsementtaignaga või „tsementliimiga“, et betoon ka tõesti saaks tihe. Mida vähem jääb tühemeid liiva + kivimaterjali segusse, seda vähem kulub tsementtaignat, s. o. seda väiksem on tsemendikulutus.

Tugeva betooni saavutamise seisukohalt ei ole see kujutus täiesti täpne, kuna tiheduse tõstmiseks võiks teatud määrani juurde lisada peenliiva ehk liiva tolmu, mis aga alandab surve-tugevust. Parema lahendusena soovitab prof. O. Graf odava ja tugeva betooni saamiseks tarvitada võimalikult tihedat kruusa või killustikku, mille tühjuste täitmiseks läheks võimalikult vähem mörtlit ehk tsemendi ja liiva segu, kusjuures mörtli koostise määramisel ei oleks mõõduandev mitte liiva tihedus, vaid mörtli tugevus. Tarviliku mörtli hulga betoonis määrab ehituse ülesanne ja töötlemisvõimalus seguga. Näitena võiks mainida, et kruusbetooni tarvitamise puhul peaks võetama vähemalt 40% ja killustikbetooni puhul vähemalt 50% mörtlit (kuiva ainet, liiva + tsementi) kogu kuiva segu kaalust käsitsi tihendamise menetlusel ja 30% resp. 40% mörtlit vibromenetlusel (H. O.).

Säärane agregaadi vahekorradade otstarbekohane määramine on tähtis igasuguse betooni valmistamise, s. o. ka lahjemate segude juures.

Betoonsegu konsistentsil¹⁾ on ka määrav tähendus betooni käsitlemisele, veetihedusele, põlisusele ja välimusele.

Igal pool, kus töö- ja tihendamisolud lubavad, tuleks tarvitada muldniiskeid segu ehk tampbetooni (ka vibrobetooni), kuna (korraliku tampimise juures!) see annab suuremaid tugevusi ja enamasti paremat tihedust (kui segu ei ole just päris kuiv); tuleb olla ettevaatlik, et betooni ei jääks tühemeid.

Raudbetootöödeks betoon peab olema pehme ehk nn. plastiline või poolvedel (raskeltvoolav). Segu ei tohi teha kunagi märjemaks kui on vajalik selleks, et normaalse tampimise juures segu hästi täidaks vormi ja ümbritseks armatuuri.

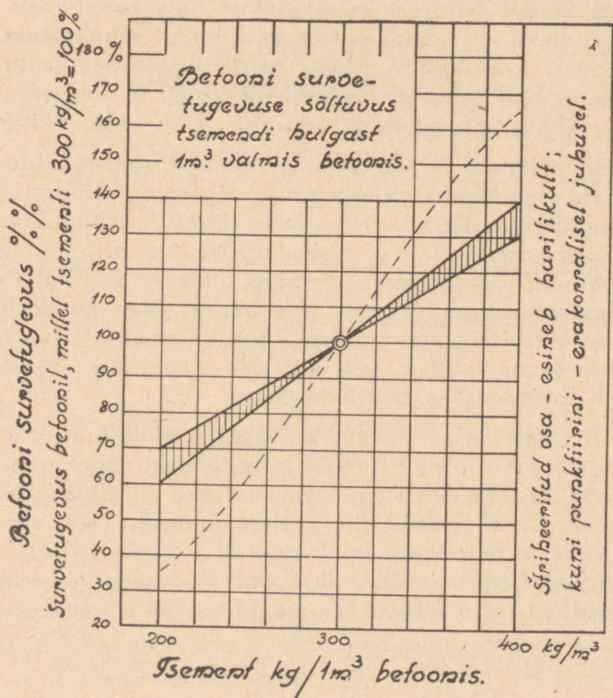
¹⁾ Konsistents — püdelus ehk vedeluskraad (s. o. segu on kas muldniiske, pehme või vedel).

Konsistentsil ja vesitsementteguril ei ole otsest omavahelist sõltuvust, sest igale vesitsementtegurile võib vastata mitmesuguseid konsistentse. Et see on nii, selgub sellest, kui endale kujutleme tsemendi ja vee segu, millele vähehaaval lisatakse juurde ikka enam ja enam liiva + kivimaterjali. Seejuures muutub segu konsistentiks ikka kuivemaks ja kuivemaks, ilma et vesitsementtegur, s. o. vee ja tsemendihulga suhe muutuks.

Betooni lõplikule vastupidavusele avaldavad mõju mitmed tegurid. Niihästi tsemendi omadused kui ka selle hulk valmisbetooni kantmeetril ja vesitsementtegur, agregaadikoostis, -terasus, osalt ka terade kuju ja agregaadi tihedus, samuti ka segamisaeg, tardumis- ja kivinemistemperatuur, järelkäsitlemine ja vanus mõjuvad igäüks omaette ja üheskoos ning võivad mõjutada nii hea kui ka halva resultaadi saavutamist. Järelikult betooni kvaliteet suurel määral sõltub vastavate isikute asjatundmisest.

Allpool tahame selgitada tähtsamaid eritegureid ja nende mõju betooni omadustele.

a) Tsemendihulga mõju.



Joon. 1. Betooni tugevuse sõltuvus tsemendi hulgast 1 m³ valmisbetoonis plastilise konsistentsi puhul (Hummuli järgi). (A. G.)

Tsemendihulga suurendamisega suureneb betooni vastupidavus, nagu joon. 1 ja 2, a kujutatud, (eeldades muidugi, et ei muudeta teisi tugevust mõjutavaid tegureid.)

Teatavasti toimub betooni surutugevuse proovimise ne 20-sentimeetrilise küljepikkusega proovikuupide uurimise teel, kusjuures tugevuse määrajana võetakse arvesse murdekoomus, mille proovitaring kannatab välja purunemistundemärke avaldamata. See koormus arvutatakse kg-des pinna ruutsentimeetri kohta.

Mõnikord tarvitatakse ka 10 või 30 cm küljepikkusega kuupe; tuleb aga silmas pidada, et mitmesuguse küljepikkusega kuupide proovimisandmed ei ole otseselt ja täpselt võrreldavad, kuna suuremad proovikehad sama materjali puhul näitavad suuremaid tugevusi. (H. O.)

b) Vesitsementteguri mõju.

Eelpool nimetasime, et betooni vastupidavus sõltub ka vesitsementtegurist. On selgunud, et teatud vesitsementteguri suurusele vastab teatud kindel betooni vastupidavus, mis praktiliselt võetult peaaegu ei olene agregaadid ja tsemendi hulga vahekorrad, eeldusel, et betooni konsistents püsiks betoonivalamisele sobivates piirides. Selle põhjal võib ka vesitsementteguri ja betooni tugevuse sõltuvuse kohta joonestada kõverjoone. (Vt. joon. 3, 6 ja 9).

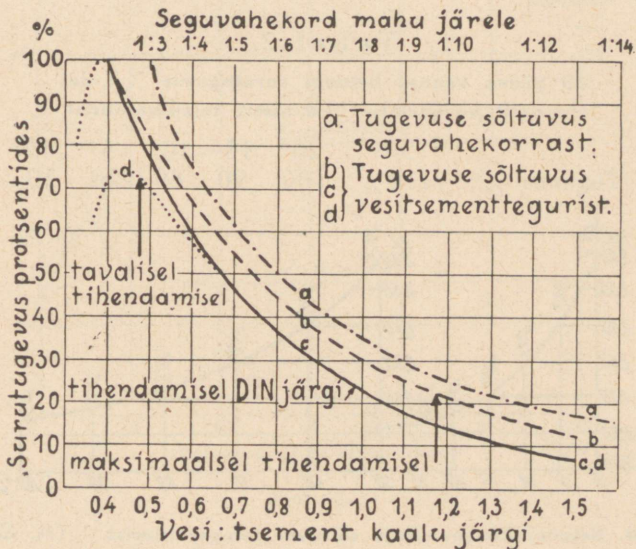
Nagu katsed näitavad ja selgub diagr. 3 ja 9, suurendatud veehulk ehk teiste sõnadega kõrgem vesitsementtegur (muldniskeist märjemate segude puhul) alati annab vähema vastupidavusega betooni. Näiteks suurendades vesitsementtegurit 0,5-lt tegurini 1,0, alaneb betooni vastupidavus ligemale ühele kolmandikule esialgsest vastupidavusest. See näitab väga kujukalt, kui hädasohtlik on tarvitada „betoonsuppi“ betoonimistööde juures või üldse tarvitada segus rohkem vett kui ette kirjutatud, s. o. mida betoon nõuab normaalseks käsitlemiseks.

Teiselt poolt jälle on veel hädasohtlikum tarvitada liigkuiva segu, nagu seda selgesti näha joon. 3, d pahemal poolel. Kuiva segu aga armastatakse tarvitada betoonesemete (torud, kivid, postid jne.) valmistamisel (sest siis segu ei nakka vormile ja betoonese tuleb puhtalt vormist välja). Kuid sellel näiliselt heal betoonil võib olla madal vastupidavus, eriti veel kui värske betoon ruttu kuivab (kuna temas pole veetagavara).

(A. G.)

c) Segamisaja mõju.

Kui betooni segada kord kauemat, kord lühemat aega, siis selgub, et betooni vastupidavus suureneb segamisaja pikenedamisega. Suurenemine masinaga segamisel on kõige tunduavam kuni $\frac{3}{4}$ -minutilise segamisajani ja tõuseb edasi ainult vähesel määral. Seepärast arvatakse vähemalt $\frac{3}{4}$ minutit kestvat segamist masinaga tarvilikuks harilikule betoonsegule. Vastupidavuse muutus olenevalt segamisajast on toodud tabelis nr. 1.



Joon. 2. Betooni tugevuse sõltuvus seguvahekordadest (kõver a) poolpehme segu puhul (Hummeli järgi).

Joon. 3. Betooni surutugevuse olenevus vesitsementtegurist (kõver b, c ja d), poolpehme segu puhul. (A. G.)

Tabel nr. 1.

Betooni vastupidavus olenevalt segamisajast.

Segamise aeg minutites	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2
Surutugevus %%	85	100	120	125

Käsitsi segamisel on raskem saavutada ühtlast (homogeenset) segu, eriti niiske liivaga. Tsementi ja liiva tarvis vähemalt 4—5 korda kuivalt läbi segada, enne kui lisada killustikku ja vett. Tsemendi ja liiva paremaks segunemiseks on soovitatav segu loopida läbi sõela; viimane aitab purustada võimalikud liivapangad.

aitab segada segu ning püüab kinni liivas leiduvad rohujuured ja muud kõrvalised ollused. Segu loetakse hästi segatuks, kui labidaga segule lüües ja segu siludes löögipinnal pole näha ei liivast ega tsemendist tekkivaid triipe. (A. G.)

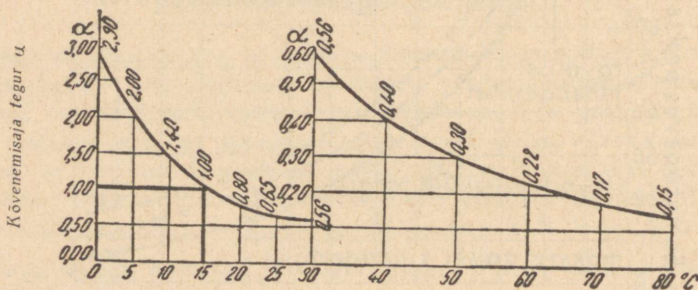
d) Kõvenemistemperatuuri mõju.

On üldiselt tuntud, et betoon kõveneb aeglasemalt külma kui sooja ilmaga. Tugevuse sõltuvust kõvenemistemperatuurist näitavad tabel 2 ja joon. 4.

Tabel 2.

28 päeva vanuse betooni surutugevus %-%des olenevalt kõvenemise keskmisest temperatuurist.

Tugevus %-%	30°	20°	15°	10°	5°	1°
	110%	100	90	80	70	50



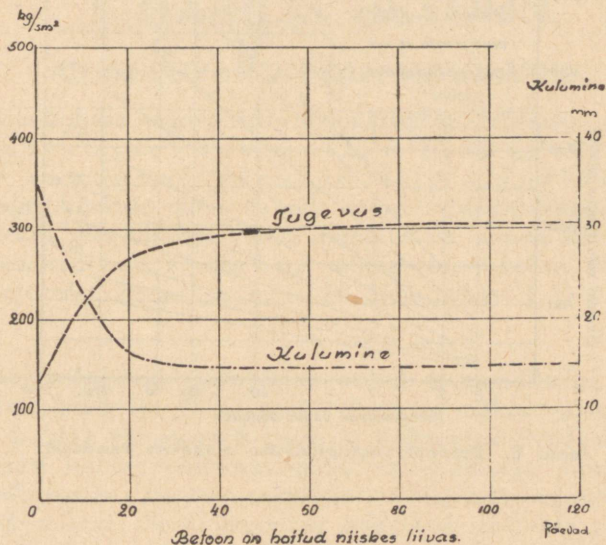
Joon. 4. Betooni kõvenemisaja sõltuvus temperatuurist. (A. G.)

Kui betooni kõvenemisel $+15^{\circ}\text{C}$ juures 28 päeva jooksul nime-tame $\alpha=1$, siis sama tugevuse saavutamiseks $+80^{\circ}\div-0^{\circ}$ juures hoidmisel kõvenemisaja tegur α muutub piirides $0,15\div-3$, ning kõvenemisaeg (kuni normaal tugevuseni) on vastavalt $(0,15\div-3)\times 28$ p, ehk 28. a. Näiteks 10°C juures kõvenemisaeg on: $1,4\times 28=39$ p. Vaatamata sellele, et kõrgema temperatuuri juures betoon kivineb jõudsamalt, on kasulik värsket betooni esimestel tundidel lasta kividena $15\div-25^{\circ}\text{C}$ juures ja temperatuuri tõsta alles hiljem. (A. G.)

e) Järelkäsitlemise mõju.

Värsket betooni tuleb mõni aeg niisutada, et see võiks kivistuda normaalselt. On ekslik arvata, et betoonimistöo on lõpetatud be-

tooni valamisega vormi. Ümberpöörduvalt — on selgunud, et puudulik kastmine või kastmatajätmine pärast valamist tunduvalt vähendab betooni vastupidavust. Eriti tähtis on hoida niiske väiksemaid betoontöid ning õhemaid betoonesemeid (õhukesed plaadid, torud, kivid jne.). Vastupidavuse muutuvust niisutamisajast olevalt näitab lähemalt joon. 5.



Joon. 5.

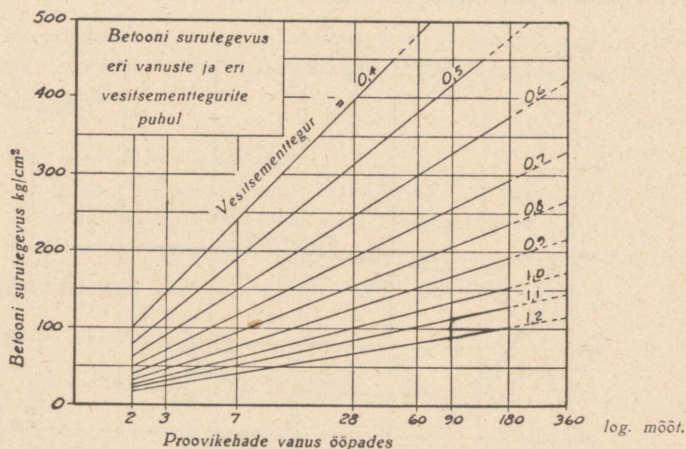
Nagu sellest diagrammist nähtub, betoon, mida on niisutatud vaid 1 päev, on ligi 2 korda nõrgem betoonist, mida niisutati 10 päeva. Seepärast värsket betooni tuleb hoida püsivalt niiskena vähemalt 7-10 päeva. (A. G.)

f) Vanuse mõju.

Et betoon muutub seda tugevamaks, kuivõrd ta saab vanemaks, — on üldtuntud tõik. Vastupidavuse suurenemine on kõige tunduavam kuni ca 28 ööba vanuseni, mille tõttu see arv harilikult võetakse „normaalajaks“ betooni proovimise juures. Ei tarvitse aga arvata, et betooni vastupidavus hiljem enam ei tõuse. On selgunud, et vastupidavuse suurenemine õige järelkäsitlemise puhul kestab veel aastaid, kuigi aeglaselt. Betoon, mis on välisilma mõju all (saab vihma), näitab tugevuses tõusu, kuid betoon, mis seisab

kinnises ruumis või niisutamata, ei tugevne pärast viimase niisutamise mõju lõppu.

Vanusest olenevat vastupidavuse muutuvust näitab lähemalt joon. 6, millest võib ligikaudselt leida betooni tõelist väärtust e. surutugevust eri vesitsementtegurite puhul.



Joon. 6. Betooni vastupidavuse olenevus vanusest.

I. HARILIK BETOON.

A. SEGUVAHEKORRA MÄÄRAMINE.

Otstarbekohase seguvahekorra määramisel betoonis, s. o. selle koostamisel teatud töö jaoks, võttes arvesse saadaval olevaid liiv- ja kivimaterjale, ning kõrvale jättes valmilt antud „standardsegusid“, peab olema teada üks alljärgnevatest tingimustest, nimelt kas:

- a) tsemendi hulk kg-des 1 m³ valmisbetooni kohta, või
- b) betooni tugevus kg/cm² („28 ööba proov“).¹⁾

a) Seguvahekorra määramine antud tsemendihulga puhul.

Siin toimitakse nii, et joonisel 7 (mis on maksev plastilise konsistentsi kohta) või joon. 8 (mis on maksev poolvedela, voolava konsistentsi kohta) otsitakse antud tsemendihulga joon ja jälgitakse seda vastava vesitsementteguri (või maksim. agregadi) joonega lõikumiseni. See lõikepunkt määratud, loetakse rõhtjoonelt vahenditult liiv + kivimaterjali kaaluosad või jälle leitakse püstjoonel vesitsementtegur küsimuses oleva segu jaoks.

Näide 1.

Antud:

Tsemendihulk = 300 kg 1 m³ betooni kohta; konsistents plastiline; agregadi maksimaalne suurus 1½".

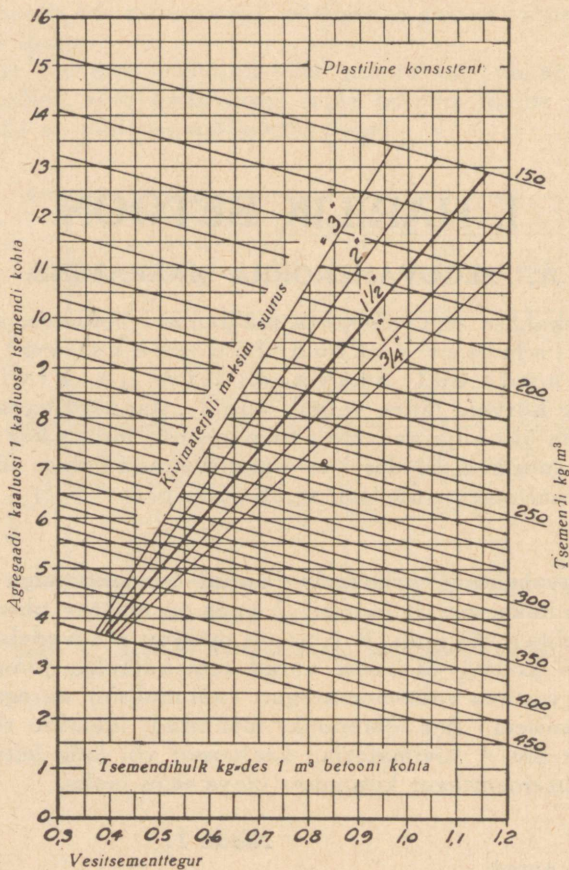
Leida:

Betooni seguvahekorrad.

Lahendus:

Kasutame joon. 7. Otsime tabeli parempoolsel äärel tsemendi-joone 300 ja jälgime seda kaldjoont üles vasakule lõikumiseni konsistentsijoonega kivimaterjalile 1½". Selle punkti kõrgusel vasakul pool diagrammi äärel loeme, et segu peab sisaldama 6 kaaluosa liiv + kivimaterjali 1 kaaluosa tsemendi kohta, ning püstloodis all loeme, et segu vesitsementtegur peab olema 0,58.

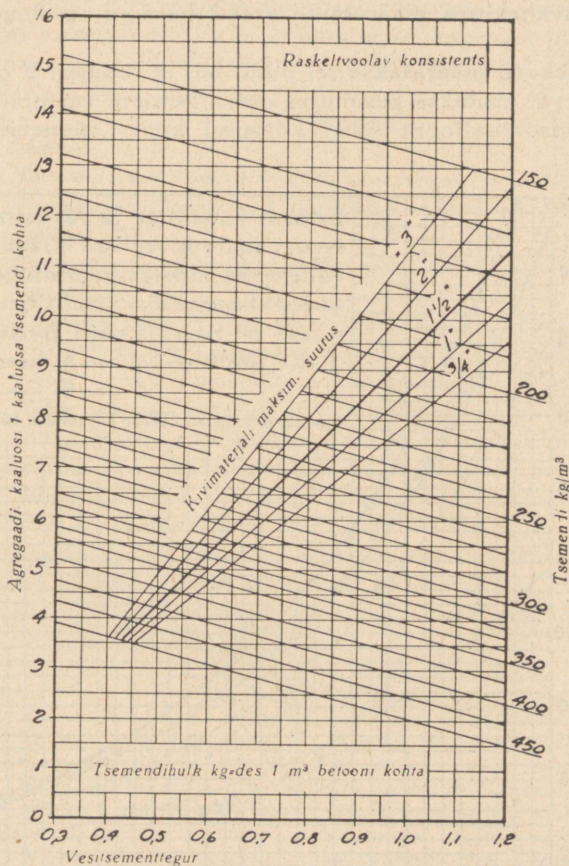
¹⁾ Eesti oludes on enamasti määratud ette mõlemad, nii miinimum-tsemendihulk kui ka miinimum-tugevus kg/cm². (H. O.)



Joon. 7. Seguvahekorra määramise diagramm plastilise konsistentsiga betooni jaoks.

Kui sellele lisaks soovitakse teada, missuguse vastupidavuse omab see betoon 28 ööba järele, siis otsitakse joon. 9 näites 1 saadud vesitsemenditegur ja jälgitakse püstloodis nimet. joont ülespoole, kuni see lõikub „tsemendijoonega“. Selle lõikepunkti kõrgusel (horisontaalselt) vasakul pool diagrammi serval arvestatud vastupidavus loetakse omaseks küsimuses olevale betoonile, sest plastiliste segude puhul kõikide segude tugevused alluvad diagr. nr. 9 toodud vahekorrale.

Näit. käesoleval juhul Eesti hariliku tsemendi (2) tarvitamisel betooni surutugevus oleks 302 kg/cm². (A. G.)



Joon. 8. Seguvahekorra määramise diagramm rasketvoolava konsistentsiga betooni jaoks.

Näide 2.

Antud:

Vesitsemmentegur = 0,58 ning Rootsi A-tsement.

Leida:

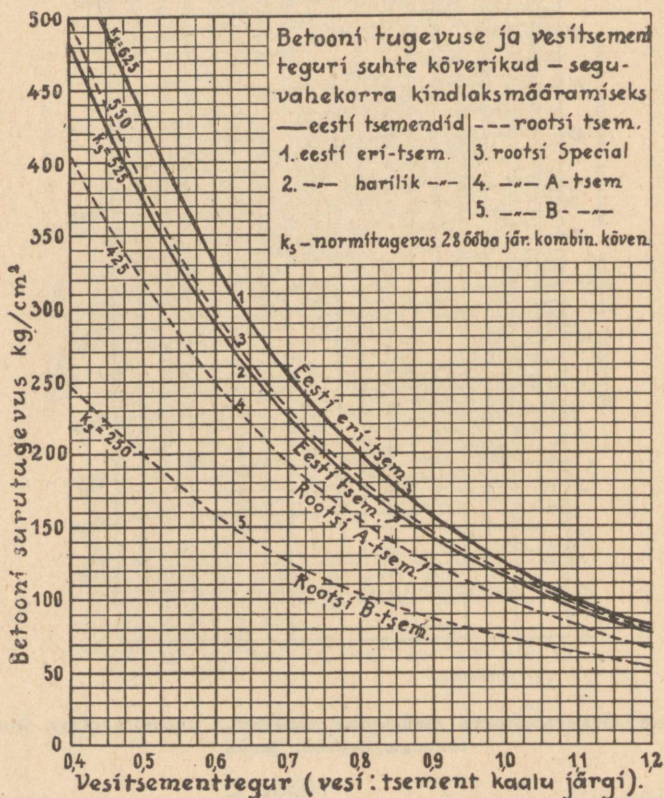
Betooni vastupidavus 28 ööpa kestnud kõvenemise järele.

Lahendus:

Kasutatakse joonist 9. Otsitakse diagrammi alumiselt äärelt „vesitsemmentegur“ 0,58 ja jälgitakse püstloodis joont ülespoole kuni see lõikub „tsemendijoonega“. Selle lõikupunkti kõrgusel (horisontaalselt) diagrammi vasakul serval loetakse arvestatud betooni vastupidavus = 260 kg/cm².

b) Seguvahekorra määramine antud betooni surutugevuse puhul.

Seguvahekord määratakse sel juhul nii, et joonisel 9 diagrammi vasakul serval otsitakse küsimuses oleva betooni vastupidavus, jälgitakse horisontaaljoont sellel kõrgusel kuni „tsemendijoonega“



Joon. 9. Diagramm, mis näitab vahekorda betooni vastupidavuse ja vesitsemenditeguri vahel 28 ööbase kõvenemisaja järele. (A. G.)

lõikumiseni ning loetakse püstloodis lõikepunkti all diagrammi alumisel äärel nõuetav vesitsemenditegur. Seejärel kasutatakse joon. 7 (mis on maksev plastilise konsistentsi kohta) või joon. 8 (mis on maksev raskeltvoolava konsistentsi kohta). Vesitsemenditegur otsitakse diagrammi 7 või 8 alt servalt ja jälgitakse samas püstloodis joont kuni lõikumiseni vastava (maksim. kivimaterjali suuruse)

joonega. Leitud lõikepunkti kõrgusel diagrammi vasakul serval loetakse siis vahenditult liiv + kivimaterjali kaaluosa ja otse lõikepunkti juures kaldjoonel (paremal pool) nõuetav tsemendihulk küsimuses oleva segu jaoks.

Näide 3.

Antud:

Betooni vastupidavus 28 ööba kõvenemise järele = 200 kg/cm^2 ;
konsistents plastiline; kivimaterjali maksimaalsuurus = 2".

Leida:

Betooni seguvahekorrad ja tsemendi (Rootsi-A) hulk.

Lahendus:

Otsitakse joon. 9 diagrammi vasakul serval betooni vastupidavus 200 kg/cm^2 , jälgitakse seda joont horisontaalselt paremale poole kuni lõikumiseni „tsemendijoonega“. Püstloodis leitud lõikepunkti all loetakse, et segu peab omama vesitsementteguri 0,69. Seejärele kasutatakse joon. 7. Diagrammi alt servalt otsitakse vesitsementtegur 0,69 ja jälgitakse kivimaterjali jaoks püstloodis joont selle kohal kuni lõikumiseni „konsistentsjoonega 2“. Selle lõikepunkti kõrgusel (horisontaalselt) diagrammi vasakul serval loetakse, et segu peab sisaldama 8 kaaluosa liiv + kivimaterjali 1 kaaluosa tsemendi kohta, ning kaldjoonel alla paremale poole loetakse tsemendihulk 237 kg l m^3 valmisbetooni kohta.²⁾

²⁾ Peatüki A osas käsitatakse betooni kokkuseadmist õigest lähtepunktist, s. o. konsistentsist väljudes, kuna see on just praktikule kõige olulisem (mitte aga vesitsementtegurist väljudes nagu tavalisti). Toodud mõttekäik, kus konsistents on seotud terade maksimaalsuurusega, tsemendi hulgaga ja vesitsementteguriga ning viimase kaudu ka tugevusega, on teatavas mõttes liigikaudne ning kehtiv ainult teatava hästi astendatud agregaaditerasuse ja tsemendi puhul. Eriti suurel määral mõjutab konsistentsi ja vesitsementtegurit, ning seega ka tugevuse vahetorda, peale eelmainitud tegurite just agregaaditerasus. Teadlik betoonivalmistaja märkab õige pea, et teatava kindla tsemendihulga juures (valmisbetooni 1 m^3 peale arvatud) töötlemiseks kohase konsistentsi saavutamiseks tuleb liivarikama või üldiselt nn. „peenema“ (s. o. väiksema peenusmooduliga) agregaadil lisada rohkem vett, ehk võtta tarvitusele suurem vesitsementtegur, kui nn. jämedama või liivavaesema (s. o. suurema peenusmooduliga) agregaadil puhul, kuigi terade maksimaalsuurused on samad, muutes ainult terade gruppide hulga vahetordi; säärane vesitsementteguri kõikumine praktikas tarvitataivate erinevate terastikkude puhul võib olla isegi kuni 50%, ning säärase piirjuhtumiste puhul tugevuse ennustamine ülaltoodud viisil võib muutuda mõttetuseks.

Toodud diagrammides tuleks kivimaterjali maksimaaljämmeduse asemele (mis muutuva terasusvahetorra juures ei kujuta endast mingit iseseisvat tegurit) võtta tarvitusele peenusmooduli mõiste, mis annab umbes samasuguseid sirgjooni kui eeltoodud diagrammis (vt. O. Maddison ja H. Oenigo — „Betooni 28-päevase surutugevuse ennustamisest Eesti Portlandtsemendi kohta“, Tallinna Tehnikaülikooli toimetused Nr. 4, 1938. a.). (H. O.)

B. BETOONIPROTOKOLL.

Eelmises, peatükis A, kirjeldatud seguvahekordade määramine on, nagu nägime, põhimõttelt väga lihtne. Tuleb aga valvata, et betoon (tegelikus rakenduses) ka tõepoolest saaks nõuetava koostise ning praktiliselt korraliku käsitluse.

Et kergendada ja süstematiseerida kontrolli selle kohta, on töötatud välja alljärgnev betooniprotokoll:

- a) Vorm 1, protokoll sõelumisdiagrammiga.
- b) Vorm 2, protokoll tegelike segamiskatsetega.
- c) Vorm 3, protokoll lihtsaks kontrolliks antud segu kohta.

Need protokollid sisaldavad:

algarvused,
materjaliproovi resultate,
ülesandeid töökohal.

Algarvud, milliseid tuleb kirjutada sisse töödejuhatajal või järelevalveinseneril, sisaldavad andmeid ettekirjutatud tsemendihulga või betooni vastupidavuse kohta ja sellest tuletatud muude osainete kohta, kui ka liiva ja kivimaterjali suhet, määratuna kas sõelumise (vorm 1) või tegelike segamiskatsete (vorm 2) kaudu, ning lõpuks andmeid tõeliku betoonsegu kohta.

Tõeliku segu all on mõeldud teoreetiliselt arvutatud liiva ja kivimaterjaliga betoonsegu. „Tõelikust segust“ väljudes arvutatakse töösegu, milles tuleb tarvitamisele looduslikult niiske liiv- ja kivimaterjal ning kus arvesse on võetud niiske liiva maht, niiskussisaldus jne. „Tööseguga“, mis võib vahelduda olenevalt juurdelisatavate ainete niiskusest jne., ja seega teatud juhustel tuleb korrigeerida, — garanteeritakse, et betoon vastavalt oludele saaks täpselt nõuetekohase „tõeliku segu“ vahekorra.

Materjaliproovi resultaadid, mis osalt kantakse sisse tööde juhataja või järelevalve-inseneri poolt ja osalt tulevad kontrollida ehitusmeistri poolt, käsitavad sõelumise tulemusi või tegelikke segamiskatseid, osainete niiskuse määramist, mahukaalu puhtust jne. Neid proove tuleb toimetada peatükis C kirjeldatud viisil.

Töösegu, mille järelevalve-insener või ehitusmeister protokolliga märgib antud „tõeliku segusuhte“ ja kivimaterjali prooviresuldaatide alusel, nagu tähendatud eelpool — sisaldab seega andmeid tsemendi, niiske liiva, kivimaterjali ning veehulga kohta, mis töökohal tulevad võtta antud seguhulga kohta betoonis.

Töökohal näitena sissekirjutatud arvud ja sõnad on kursiivis.

Betooniprotokoll

Firma:

Töökoht:

Ettekirjutatud vastupidavus (28 ööpa) = kg/cm² Konsistents = *plastiline*
 Selleks nõuetav vesitsementtegur = Maksim. kivisuur. = 40 mm

Nõuetav minimaalne tsemendihulk = 200 kg/m³
 Selleks nõuetav vesitsementtegur = 0,87

Siin nõuetavad andmed tulevad võtta seguyahekorra koostamise diagrammistest ja söelumisdiagr. käesoleva protokoll'i pöördel

Betooni kasutamise-otstarb
 Kaaluosade suhe = tsement: (liiv + killustik) = 1:9,5 (kuiv materjal)
 " " tsem. : kivijahu : kruusliiv : kill. = 1:0,475:2,375:6,650
 (kuiv materjal)
 Mahuosade suhe = tsem. : kivijahu : kruusliiv : kill. = 1:0,40:1,75:5,38
 (kuiv materjal) Tsement — *klass A*.

Tabel 1. Mitmesugused uurimused.

Materjal	Niiske materjal			Kuiv materjal		Puhtus	
	Niiskus- % ^o / _o kuivast mahust	Kokku tõmbu- miste- gur	Paisu- miste- gur	Mahu- kaal	Poorsus	Huu- muse sisaldus	Savi ja muda
<i>Kivijahu</i>	2,0	—	1,25	1,62	0,39	0	0
<i>Kruusliiv</i>	5,0	—	1,16	1,83	0,31	0	0
<i>Killustik</i>	0	—	—	1,67	0,37	0	0

Puhtuse skaala:

0 = väga hea

1 = kõlblik

2 = kahtlane

3 = sobimatu

4 = kõlbmatu

Tabel 2. Materjalihulk segus.

Materjali liik	Tõelik segu (kuiv materjal)		Tihumaht liitr.	Töösegu (looduslikult niiske materjal)	
	kg	liitr.		niisk.	liitr.
Tsementi	56 ² / ₃	42	18,3	42 l	42 l
<i>Kivijahu</i>	27	16,8	10,2	0,3 l	21 l
<i>Kruusliiv</i>	135	73,5	50,9	3,7 l	85 l
<i>Killustik</i>	377	226	142,1 ¹⁾	—	226 l
Vett . . .	—	—	49,3	4,0 l	45,3 l
Betooni tihumaht			270,8		

Tsement. Kui iga teo jaoks võetakse teatud arv kotte (terveid või pooli) tsementi, siis arvestatakse allpool 1 kott tsementi = ~57 kg võrdvaks 42 liitrile, s. t. tsemendi mahukaaluks on oletatud 1,35 kg/l, kuna mahukaalu juures 1,25 kg/l 1 kott tsementi annab 45 l (mahukaalu olenedes väljareputamisviisist).

$$\text{Tsemenditarvitus } ^2) = \frac{56 \frac{2}{3}}{0,2708} \times 0,95 = 199 \text{ kg/m}^3$$

Vesi.

Kokku (vesitsementtegur \times tsemendi kaal) = 49,3 l.

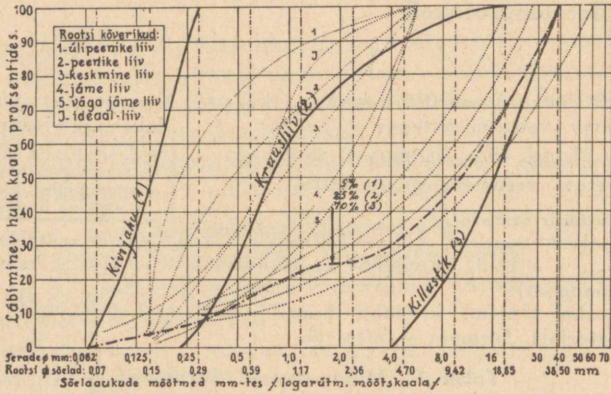
Niiskust liivas ja killustikus = 4,0 l.

Juurdelisatav veehulk = 45,3 l.

¹⁾ Tühjused maha arvates (näiteks killustikus on 37% tühjusi), saadakse ainese tihumaht: 226 (1—0,37) = 142,1 l.

²⁾ See arvutusviis eeldab, et valmisbetoonis on 5% tühjusi, vastavalt millele on võetud betooni tihendustegur 0,95; tegelikult see % on muutuv, olenevalt vee ja tsemendi hulgast, agregaadi tihedusest, ning segu töötlemisest betoneerimisel. (H. O.)

Betooni protokoll nr. 1 (esikülj).



Tabel 3 ja joon. 10. Sölumisdiagramm liiva ja kivimaterjali kohta.

Sõela silmasuurus mm	Liiv ja kivijahu			Kruusliiv			Killustik		
	jäab sõelale		läheb läbi	jäab sõelele		läheb läbi	jäab sõelale		läheb läbi
	gr	%	Σ %	gr	%	Σ %	gr	%	Σ %
38,50							0	0	100
18,85				0	0	100	1290	43,0	57,0
9,42				20	2,0	98,0	975	32,5	24,5
4,70				80	8,0	90,0	585	19,5	5,0
2,36				100	10,0	80,0	150	5,0	—
1,17				140	14,0	66,0	—	—	—
0,59	—	—	—	325	32,5	33,5	—	—	—
0,29	0	0	100	270	27,0	6,5	—	—	—
0,15	525	52,5	47,5	65	6,5	—	—	—	—
0,08	370	37,0	10,5	—	—	—	—	—	—
<0,08	105	10,5	—	—	—	—	—	—	—
Summa	1000	100,0	—	1000	100,0	—	3000	100,0	—

Kõige sobivam koostis:

Proov 1.

5 kaalu %	1
25 „	2
70 „	3
..... „
..... „

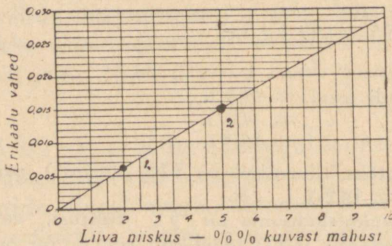
100 kaalu % segu
Segu mahukaal = 2,23

Proov 2.

..... kaalu %
..... „
..... „
..... „
..... „

100 kaalu % segu
Segu mahukaal

Joon. 11. Niiskuseurimise diagramm.



Märkused:

.....
.....
.....

Protokolli tagakülj.

Betooniprotokoll

Firma:

Töökoht:

Ettekirjutatud vastupidavus (28 ööpa) =
= 250 kg/cm²

Selleks nõuetav vesitsementtegur = 0,6

Ettekirjutatud minim. tsemendihulk = . . kg/m³

Selleks nõuetav vesitsementtegur =

Konsistents = *plastiline*
Maksim. kivisuurus: 30 mm

Siin nõuetavad andmed tulevad võtta seguvahekorra koostamise diagrammidest käesoleva protokollil pöördel.

Betooni kasutamise otstarb

Kaaluosade suhe = tsement : (liiv + killustik) = 1 : 6

„ „ = tsement : liiv : killustik = 1 : 2,7 : 3,3

Mahuosade suhe = tsement : liiv : killustik = 1 : 1,97 : 2,70

Tsement — *klass A.*

Tabel 1. Mitmesugused uurimused.

Materjali liik	Niiske materjal			Kuiv materj.		Puhtus	
	Niiskus- o/o% kuivast mahust	Kokku- tõmbu- miste- gur	Paisu- miste- gur	Mahu- kaal	Poorsu-	Huu- mussi- saldus	Sa vi ja muda
<i>Kruusliiv</i>	4,0		1,12	1,85	0,30	0	0
<i>Killustik</i>	0		—	1,65	0,38	0	0

Puhtuse skaala:

0 = väga hea

1 = kõlblik

2 = kahtlane

3 = sobimatu

4 = kõlbmatu

Tabel 2. Materjalihulk segus.

Materjali liik	Tõelik segu (kuiv materj.)		Tihu- maht	Töösegu (looduslikult niiske materj.)	
	kg	liitr.	liitr.	niisk.	
<i>Tsement</i>	56 ² / ₃	42	18,3	Agreg. niisk.	42 l.
<i>Kruusliiv</i>	153	80,6	57,3	6,1	90 l.
<i>Killustik</i>	187	113,5	70,6	—	113,5l
Vesi . . .	—	—	34,0	6,1	27,9l.
Betooni maht			180,7		

Tsement. Kui iga teo jaoks võetakse teatud arv kotte (terveid või pooli) tsementi, siis arvatakse 1 kott = 42 liitrit (tsemendi mahukaal = 1,35).

$$\text{Tsemenditarvidus} = \frac{56^2/3}{0,1807} \times 0,95 = 299 \text{ kg/m}^3$$

Vesi.

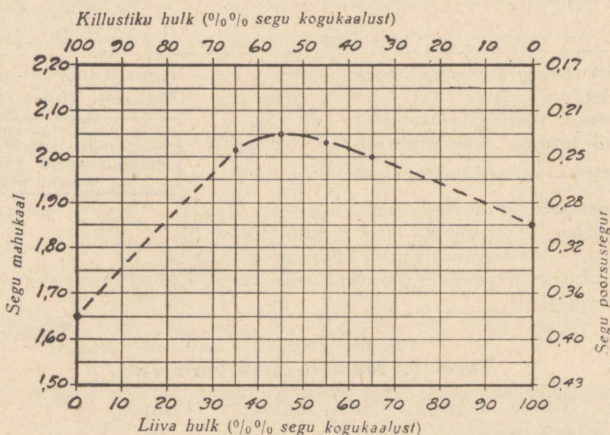
Kokku (vesitsementtegur × tsemendi kaal) = 34,0 l.

Niiskust liivas ja killustikus = 6,1 l.

Aktiivne ehk juurdelisatav veehulk . . = 27,9 l.

Betooniprotokoll nr. 2 (esikülj).

Tabel 3 — joon. 12. Diagramm mahukaalu uurimiseks (teostatakse töökohal k u i v a a g r e g a a d i g a).

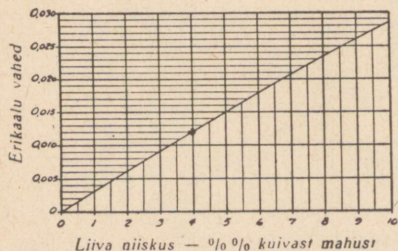


Tabel 4. Mahukaalu andmeid.

Materjali liik	Kuiva kivimaterjali koostis, kaaluprotsentides							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kruusliiv	35	45	55	65				
Killustik	65	55	45	35				
		↓						
Mahukaal	2,02	2,05	2,03	2,00				

Kui tuleb tarvitada mitut liiva- ja kivisorti, tuleb uurida esiteks samal viisil liivasortide ja kivisortide koostist kumbagi eraldi, mille järelle liivasegu või kivisegu koostatakse nagu näidatud ülalpool.

Tabel 5 — joon. 11-a. Niiskuseuurimise andmed.



Märkused: Kõige parem mahukaal saadi võttes 45 kaalu-%i kruusa ja 55 kaalu-%i killustikku.

Betooniprotokoll nr. 2 (tagakülj).

Betooniprotokoll

Firma:

Töökoht:

Tööjoonistel või mujal ettekirjutatud betoonisegu:

1 : 2,5 : 3,5 mahuosades.

Segus on arvestatud kuiva materjaliga, kusjuures „liivana“ on mõeldud materjali terasuurega alla 5,6 mm ja „killustikuna“ materjali suurusega üle 5,6 mm.

Tabel 1. Mitmesuguseid uurimisandmeid.

Materjali liik	10 liitrit niisket kivimaterjali sisaldab			Liiva		Puhtus		Puhtuse skaala: 0 = väga hea 1 = kõlblik 2 = kahtlane 3 = sobimatu 4 = kõlbmatu
	Niisket „liiva“	Kuiva „liiva“	„Kivi“	Kokku- tõmbu- mistegur	Paisu- miste- gur	Huu- mussi- saldus	Savi ja muda	
<i>Kruusliiv</i>	8,5	7,4	2,0	0,87	1,15	0	0	
<i>Killustik</i>	0	—	10,0	—	—	0	0	

Tabel 2. Materjalihulk segus.

Tõelik segu (kuivad kivimaterjalid)

42	liitrit tsementi
105	„liiva“ (peenem kui 5,6 mm)
147	„kivi“ (jämedam kui 5,6 mm)

Tsement. Kui iga teo jaoks võetakse teatav arv kotte (terveid või pooli) tsementi, siis arvestatakse 1 kott = 42 liitrit (tsemendi mahukaal = 1,35).

Materjali liik	Kuivad materjalid		Töösegu (niiske kivimaterjal) l
	„Liiva“ l	„Kivi“ l	
<i>Tsement</i>	—	—	42
<i>Kruusliiv</i>	105	28,4 ¹⁾	142,4 ²⁾
<i>Killustik</i>	—	118,6 ³⁾	118,6
Summa	105	147	—

Märkused:

1) $105 \cdot \frac{2,0}{7,4} = 28,4 \text{ l.}$

2) $(105 \cdot 1,15 + 28,4) \cdot \frac{10}{(8,5+2)} = 142,4 \text{ l}$

3) $147 - 28,4 = 118,6 \text{ l.}$

.....
(kuupäev)

C. MATERJALI ERIUURIMUSED.

Proov 1.

Huumussisalduvuse uurimine.

Huumusproovi ülesandeks on teha kindlaks umbkaudset huumushappe hulka liivas või kruusliivas. Seda uurimist oleks soovitav toimetada nii sagedasti, kui see liivamuretsemise viisi silmas pidades näib otstarbekohasena.

Prooviks võetakse ca 50 cm³ 3%-list naatron-(seebikivi)-lahust, millesse lisatakse samapalju katsestatavat liiva; liiva peab võtma hunniku keskelt.

Huumushape, vastavalt selle hulgale, mõne tunni jooksul värvib naatronlahuse kollakaks või pruuniks. Huumussisaldavuse märkimiseks kasutatakse 5-astmelist skaalat, kusjuures värving

„selge“	ehk „1“	tähendab	„väga hea“;
„helekollane“	„2“	„	„kasutuskõlvuline“;
„helepruun“	„3“	„	„kahtlane“;
„pruun“	„4“	„	„sobimatu“;
„tumepruun“	„5“	„	„kõlbmatu“.

Liiv huumussisaldusega alla „3“ on betoonivalamiseks sobiv; huumussisaldusega = „3“ võib kasutada ainult tsemendirikka segujuurde ja sedagi üksnes töödejuhataja erilisel nõusolekul. Liiv huumussisaldusega üle „3“ tuleb kõrvaldada vastuvaidlematult või, kui paremat liiva pole saada, siis kuivatada või pesta.

Proov 2.

Savi- ja mudauurimine.

Saviproovi otstarbeks on määrata kindlaks võimalikku savi- või mudasisaldust liivas. Uurimust toimetatakse sel teel, et mõõduklaas või klaaspudel täidetakse liivaga kuni 5 cm kõrguseni põhjast, lisatakse juurde vett niipalju, et täitekõrgus pudelis on 10 cm põhjast, ja loksutatakse segu klaasis tugevasti läbi. Seejärel jäetakse klaas või pudel niikauaks seisma, kuni vesi on selginenud. Raskem osa liivast langeb põhja, kuna kergemad savi- ja mudaosakesed sadestuvad vähehaaval pealmise, selgesti eraldatava kihina. Kui nimetatud savi- ja mudakihi paksus ületab 3 mm, võib sääraat liiva kasutada üksnes töödejuhataja või järelevalve erilisel loal.⁵⁾

⁵⁾ Kui normides on savi- ja mudasisalduvuse piir antud kaalu %-des (näit. Saksa normides 3%), võib toimetada eeltoodud loksutusproovi kaalutud kruusliiva hulgaga, arvestades savikihi paksuse järele selle kaalu ja võttes (Hummeli järele) mahukaaluks 1. (H. O.)

Näide. Võetud 300 gr. liiva; loksutatud 4,5 cm läbmõõduga mõõduklaasis; savi- ja mudakihi paksuseks osutus 3,5 mm, mille maht oleks:

$$\pi \cdot \frac{4,5^2}{4} \cdot 0,35 = 5,56 \text{ cm}^3 \text{ ehk } 5,56 \text{ gr.}$$

Protsentides väljendatult see oleks:

$$\frac{5,56 \cdot 100}{300} = 1,85 \%$$

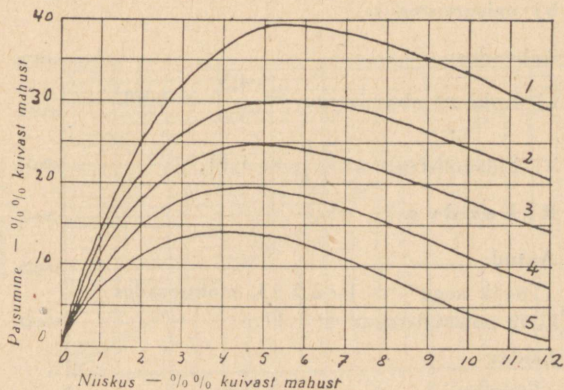
Samuti võib väljauhutavaid aineid (savi ja muda) määrata uhtmise teel, toimetades seda kuni pesemisvesi muutub selgeks. Seejuures uhtmiskiirus ei tohi olla nii suur, et uhutaks ära liiva peenemadki terad. Liiva enne ja pärast uhtmist kuivatatult kaaludes saab kaalukaotuse kaudu määrata välja-uhutud osade hulga kaaluliselt. (H. O.)

Proov 3.

Liiva kokkutõmbumis- või paisumisteguri uurimine.

Teatavasti niiske liiv omab kuivast suurema mahu. Põhjuseks on asjaolu, et liivaterakeste vahele tekivad veekihid, mis suruvad liivaterakesi üksteisest eemale; sel põhjusel ka liiter niisket liiva võtab suurema mahu kui sama hulk liiva pärast kuivatamist. Peenliiv „paisub“ või „tõmbub kokku“ enam kui jämeliiv; jämeduse mõju paisumisteguri suhtes selgub jooniselt 13.

Kui aga liivale lisatakse niipalju vett, et ta muutub veega täiesti küllastatuks, siis omandab säärane veega küllastatud liiv praktilises käsitamises kuiva liivaga võrdse mahu. See asjaolu võimaldab töökohal hõlpsasti määrata nimetatud mahumuutusi. Toimitakse järgmiselt:



Joon. 13. Suhe kuiva ja märja liiva mahu vahel eri jämeduse ja niiskuseisalduse juures („paisumisjooned“ 1—5 tuginevad ligikaudu liivasortidele sarnase jaotusega, nagu selgub „võrdluskõverjoontest“ 1—5 betooniprotokoll 1, joon. 10, lk. 22).

Betoontöövahendite hulka kuuluv 5-liitriline mõõdunõu täidetakse niiske liivaga samal viisil tampides, nagu edaspidi „proov 5“ (mahukaalu määramine) all tähendatud, seejärel tühjendatakse mõõdunõu ja täidetakse osalt veega, mille järele väljavõetud niiske liiv uuesti pannakse mõõdunõusse. Veega küllastatud liiva maht, nagu eelpool tähendatud, on umbes võrdne vastava hulga kuiva liiva mahuga. Kui väljutakse „niiskest mahust“, siis nimetatakse liiva mahumuutust „kokkutõmbumiseks“ ja „kuiva mahu“ puhul „paisumiseks“.

$$\text{„Kokkutõmbumistegur“} = \frac{\text{liiva „veega küllastatud“ maht}}{\text{liiva „niiske“ maht}}$$

$$\text{„Paisumistegur“} = \frac{\text{liiva „niiske“ maht}}{\text{liiva „veega küllastatud“ maht}}$$

Kuna tööjoonistel või mujal ettekirjutatud betoonsegudes on nähtud ette liiv ja kivimaterjal kuivadena, siis tuleb töökohal võtta arvesse liiva paisumist niiskes olekus. Vastasel korral tekib „tõelikus segus“ viga, mis eriti kvaliteet-betooni juures võib olla suure tähtsusega.

Näide 4.

Antud:

„Veega küllastatud“ olukorras 5-liitrilise „niiske“ liiva maht on 4,5 l.

Leida:

- a) Kokkutõmbumistegur;
- b) paisumistegur.

Lahendus:

$$\text{a) Kokkutõmbumistegur} = \frac{4,5}{5,0} = 0,90.$$

$$\text{b) Paisumistegur} = \frac{5,0}{4,5} = 1,11.$$

Rakendus.

Antud:

„Tõelik segu“ = 1 : 2,5 : 3, mahuosades.
Liiva paisumistegur = 1,11.

Leida:

„Töösegu“.

Lahendus:

Töösegu = 1 : 1,11 × 2,5 : 3,5 = 1 : 2,78 : 3,5 mahuosa, niiske liivaga.

Niiskuse uurimine liivas ja kivimaterjalis.

Niiskusproovi ülesandeks on teha kindlaks liiva niiskussisaldus, ja seda toimetatakse teatava liivahulga (G_{niiske}) kuivatamisega kuni püsiva kaaluni (G_{kuiv}), s. o. kuivamise kestel järkjärgult kaaludes kuni kaal enam ei vähene, kusjuures kaalukadu näitabki agregaadid omaniiskushulka, ja

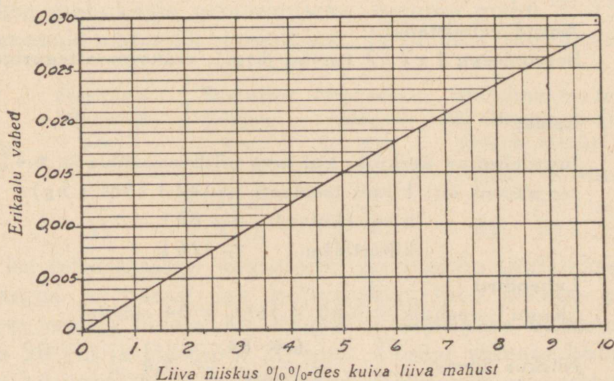
$$\frac{G_{niiskelt} - G_{kuivalt}}{G_{kuivalt}} \cdot 100 = \text{on niiskuskaal } \text{‰}\text{-des.}$$

Kuivamise kiirendamiseks võib seda teha tulel.

Mitte väga niisket agregaatid saab väga kiiresti ja küllaldase täpsusega kuivatada piiritusega üle valades (vastavas plekkvannis) ja põlema süüdates.

Teatava täpsusega ja kiiresti võib niiskust määrata ka alljärgnevalt:

Betoonitöö vahendite hulka kuuluvasse 500 cm³ (1/2 liitri) mahuga mõõduklaasi pannakse 200 cm³ denaturaatpiiritust, mille erikaal enne seda mõõdetakse areomeetri abil. Seejärel pannakse mõõduklaasi looduslikult niisket liiva kuni mõõduklaas täitub liivaga 300 cm³ märgini; piirituse pind klaasis tõuseb seejuures märgatavalt üle 300 cm³ märgi. Mõne aja pärast kallatakse piiritus ettevaatlikult kitsamasse mõõduklaasi ja mõõdetakse areomeetri abil uuesti ta erikaal. Vahe piirituse erikaalus pärast ja enne proovi on liiva veesisalduse mõõduks protsentides kuiva liiva mahust, nagu näidatud joon. 14.



Joon. 14. Graafik, mis näitab „liiva niiskuse % kuiva liiva mahust“, olevalt „denaturaatpiirituse erikaalu vahest“.

Erikaalu mõõtmist võib toimetada ka joon. 15 kujutatud aparaadiga, millega imetakse piiritus üles klaasnõusse sel teel, et aparaat, kummipalli olles kokkusurutud olékus, asetatakse otsaga mõõdunõusse ja pall vabastatakse survest.

Kivimaterjali niiskussisaldust ei tarvitse harilikult määrata, sest killustiku niiskuse % on tavalisti madal ($0,5 \div 2\%$); liiva niiskuse % võib tõusta üle 10%. Teatud betoonisegu jaoks ettekirjutatud veehulga juures eeldatakse kuiva liiv- ja kivimaterjali tarvitamist. Seepärast tuleb liivas (või killustikus) leiduv niiskus kindlaks määrata ja kogu seguveehulgast arvata maha, et saada tegelik veelisand ehk veehulk, mis tegelikult tuleb lisada segusse. Seega tegelik veelisand + liiva niiskus kokku vastavad ettekirjutatud seguveehulgale.

Näide 5.

Antud:

Denaturaatpiirituse erikaal pärast proovi = 0,8250

„ „ enne „ = 0,8060

Vahe = 0,0190.

Leida:

Liiva niiskus.

Lahendus:

Graafikust 14 leiame, et erikaalu-vahele 0,0190 vastab liiva niiskussisaldus 6,4% selle kuivast mahust.

R a k e n d u s.

Antud valmistada:

Betoonisegu 1 : 2 : 3 (mahu järgi), vesitsementteguriga = 0,60.

Leida:

Juurdelisatav veehulk, kui liiva niiskussisaldus = 6,4% ja segu-

teo suurus on: 1 kott tementi = 42 l ($56\frac{2}{3}$ kg),

liiva (kuiva) = 84 l,

killustikku = 126 l.

Lahendus:

„Kogu“ veehulk = $0,60 \times 56\frac{2}{3} = 34$ liitrit

Niiskus liivas = $\frac{6,4 \cdot 84}{100} = 5,4$ „

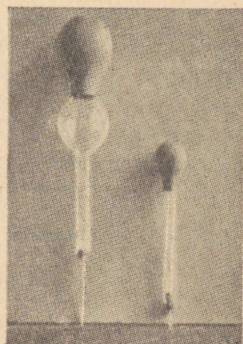
Tegelik veelisand = 28,6 liitrit

Kui liiva niiskussisaldust ei võeta arvesse, siis saab betoonsegu vett ülearu, mille tagajärjel betooni vastupidavus võib tunduvalt alaneda.

Proov 5.

Mahukaalu uurimine.

Mahukaalu-proovi abil määratakse liiv- ja kivimaterjali mahukaalu, näiteks 1 liitri kaalu kg-des. Kuna antud nõu „kohedalt täidetud liivaga“ kaalub vähem kui sama nõu raputatult või „tampides täidetud liivaga“, tuleb selleks, et eri paikades ja eri juhtudel saadud resultaadid oleksid võrreldavad, saada kõigi juhtude jaoks sama tihendamisaste. Mahukaalu määramist tuleb seepärast toimetada teatud viisil, mis põhimõtteliselt vastaks riikliku katseasutuse poolt sääraste proovide jaoks kindlaksmääratud tööviisidele. Proovidel tuleb kasutada kuiva liiva ja kuiva kivimaterjali, sest vastasel korral, eriti liival, eelpool mainitud „paisumine“ mõjub kaasa ja annab mahukaalus ekslikke arvusid. Liiva kuivatatakse kas sel teel, et seda küllaldane hulk laotatakse laiali paberile kinnises hoones, kus liiv kuivab kaasabita, või kuivatatakse soojendamisega plekil.



Joon. 15. Kaks eri tüüpi areomeetrit.

a) Uurimine laboratooriumis või kontoris.

Vastavalt riikliku katsekoja töömeetodile, peab mõõdunõu, mida kasutatakse mahukaalu proovimiseks, omama mahu 3, 15 või 30 liitrit, olenevalt materjali jämedusest, ja omama järgmised dimensioonid:

Maht liitrites.	Sisemine läbimõõt cm	Sisemine kõrgus cm	Nõu seina- paksus mm	Maksimaalne tera- või tükisuurus (möö- detaval ainesel).
3	15	17,0	1	alla 7 mm
15	25	30,6	2	„ 30 „
30	35	31,2	3	üle 30 „

Katse ise toimetatakse järgmiselt: mõõdunõu täidetakse liivaga kolmes järgus, ja pärast iga kolmandiku liiva nõusse panemist tambitakse, andes liivale 25 tõuget teravotsalise vardaga, mille pikkus on 50 cm ja läbimõõt 20 mm. Pärast viimase kolmandiku tampimist kõrvaldatakse raudpulgaga mõõdunõu servadest kõrgemale kuhjunud liiv ja nõu kaalutakse koos sisuga. Seejärel leitakse mahukaal mõõdunõu sisu kaalu jagamisel nõu mahuga.

Näide 6.

Antud:

Möödunõu + liiva	kaal = 6,60 kg
„ kaal	= 1,35 „
Liiva kaal	= 5,25 kg
Möödunõu maht	= 3 liitrit.

Leida:

Liiva mahukaal.

Lahendus:

$$\text{Liiva mahukaal} = \frac{5,25}{3} = 1,75 \text{ kg/l.}$$

b) Uurimine töökohal.

Kui vastav katse tuleb sooritada töökohal, kus kaalusid ja kaaluvihtisid pole käepärast, võib kasutada järgmist viisi: Liiv kuivatatakse ja täidetakse sellega möödunõu punkt a) all kirjeldatud viisil. Seejärel valatakse liivaga täidetud nõusse vett nõu üht serva mööda sääraselt, et liiva pealispind jääks võimalikult suuremas osas kuivaks, võimaldades õhu väljavoolu ja möödetakse seejuures ära, kuipalju vett liiv vastu võtab kuni vesi pealispinnal nähtavale tuleb. Tarvitatud veehulk näitab teatava täpsusega liivas olevate õõnete kogumahtu. Väikese vea annab siin asjaolu, et kõik tühed, eriti peenliivas, ei täitu veega — liiva jääb ka õhumulle. Kui möödunõu mahust nii liivaõõnete kogumaht arvata maha, saame liiva tihumassi, s. o. „kiviainestiku“ mahu. Kuna selle „kiviaine“ erikaaluks võib võtta 2,65, siis saame liiva kaalu = kiviaine tihumass \times 2,65. Antud katse puhul töökohal on otstarbekohane kasutada 5-liitrilist möödunõu betoontöö-vahendite sarjast.

Näide 7.

Antud:

Vee maht, mis kulunud liivaõõnete täitmiseks = 1,80 liitrit.
Möödunõu maht = 5 liitrit.

Leida:

Liiva mahukaal.

Lahendus:

$$\text{Liiva tihumass} = 5,00 - 1,80 = 3,20 \text{ liitrit.}$$

$$\text{Liiva kaal} = 3,20 \times 2,65 = 8,48 \text{ kg.}$$

$$\text{Liiva mahukaal} = \frac{8,48}{5} = 1,70 \text{ kg/l.}$$

Poorsusteguri uurimine.

Selle katse ülesandeks on selgitada liiv- ja kivimaterjali õõnesruumi, s. o. õhu mahtu, mis leidub üksikterade vahel kogu massis. Selle katse läbiviimiskäiku on juba kirjeldatud „Proov 5 p. b“ all, kus näites 7 oli õõnesruumi mahuks 1,80 liitrit 5-liitrilise nõu kohta. Poorsustegur saadakse siit kogu õõnesruumi mahu jagamisest mõõdunõu mahule.

Antud:

Kogu õõnesruumi maht = 1,80 l;

Mõõdunõu maht = 5,00 l.

Leida:

Poorsustegur.

Lahendus:

$$\text{Poorsustegur} = \frac{1,80}{5,00} = 0,36.$$

Näide 8.

Poorsustegurit on võimalik leida ka arvutamiseega, kui juba on teada liiva mahukaal ja erikaal (erikaaluks võib võtta 2,65). Liiva mahukaal jagatud arvuga 2,65 annab liiva tihumassi 1 liitri liiva kohta. Liiva mahust (1 liiter) maha arvates liiva tihumassi, saame liiva õõnesruumi e. tühemete mahu.

Näide 9.

Antud:

Liiva mahukaal = 1,70.

Leida:

Liiva poorsustegur.

Lahendus:

$$\text{Liiva tihumass} = \frac{1,70}{2,65} = 0,64 \text{ l.}$$

$$\text{Liiva õõnesruum 1 l kohta} = \text{poorsustegur} = 1,00 - 0,64 = 0,36.$$

Tihumassi määramine.

Selle katsega kontrollitakse, kui suure betoonimahu e. tihumassi annab teatud betoonisegu ning kaudselt seega ka tegeliku tsemendikulu 1 m³ valmisbetooni kohta.

a) T s e m e n t.

Tsemendi tihumassi saame, kui jagame tsemendi kaalu ta erikaalule, milleks allpool on võetud 3,1.

(Eesti tsemendi erikaal on keskmiselt 3,13.) (A. G.)

„Tõelikku“ tsemendihulka (C) võib määrata IV peatükis „Beetonsegude matemaatiline arvutamine“ toodud valemi abil, kui teada on seguks tegelikult tarvitatud agregaadid ja tsemendi kaalu-
line suhe (a) tsemendi (C_{sp}) ja kivimaterjali (S_{sp}) erikaalud, ve-
sitsementtegur (V) ning arvatav õhuhulk (L) 1 m³ värskelt ko-
hale asetatud segus (L = keskmiselt 5%).

$$C = \frac{1000 - L}{\frac{1}{C_{sp}} + \frac{a}{S_{sp}} + V}$$

Näide (arvud võetud eelmisest näitest):

tsementi 56,7 kg,

liiva $84 \cdot 1,75 = 147,0$ „

killustikku $126 \cdot 1,55 = 195,3$ „

vett $34 \text{ l} = 34$ „

tsemendi erikaal . . . $C_{sp} = 3,1$,

kivimaterjali erikaal . . $S_{sp} = 2,65$,

õhku 5%; $L = 1000 \cdot 0,05 = 50 \text{ l}$.

$$a = \frac{147,0 + 195,3}{56,7} = 6,04,$$

$$V = \frac{34}{56,7} = 0,60,$$

$$C = \frac{1000 - 50}{\frac{1}{3,1} + \frac{6,04}{2,65} + 0,6} = \frac{950}{0,323 + 2,280 + 0,60} = \frac{950}{3,203} = 296 \text{ kg/m}^3.$$

„Tõelikku“ tsemendihulka (C) võib ka teatava ligikaudsusega
arvutada värskete betooni mahukaalust m_b , milline kõigub tavaliselt
2200 kuni 2450 kg/m³.

$$C = \frac{m_b \cdot C'}{100},$$

kus C' on tarvitatud tsemendihulk %-des märja segu kaalust.

Näide (arvud võetud eelmisest näitest):

tsementi 56,7 kg

kivimaterjali 342,3 „

vett 34,0 „

Kokku: 433,0 kg.

Oletades, et $m_b = 2250 \text{ kg/m}^3$,

$$C' = \frac{56,7}{43,3} \cdot 100 = 13,1\%,$$

$$C = \frac{2250 \cdot 13,1}{100} = 295 \text{ kg/m}^3.$$

Viimase meetodi abil on kerge ka ehitusplatsil tegelikult kontrollida segu „tõelikku“ tsemendihulka, milleks tuleb vaid eelmisel viisil koostatud segust (mille üksikosade kaalulised vahekorrad on tuntud) betoonida proovikeha, mille maht täpselt teada (näiteks kuup $20 \times 20 \times 20$ cm), keha kohe ära kaaluda ning saadud andmetel arvutada värske betooni tegelik mahukaal m_b , millist asetada eelmisse valemisse varem oletatud mahukaalu asemele.

Näide:

Eelmisest segust tehtud proovikeha $20 \times 20 \times 20$ cm kaalub

$$18,4 \text{ kg; selle mahukaal } m_b' = \frac{18,4}{8} = 2300 \text{ kg/m}^3.$$

(H. O.)

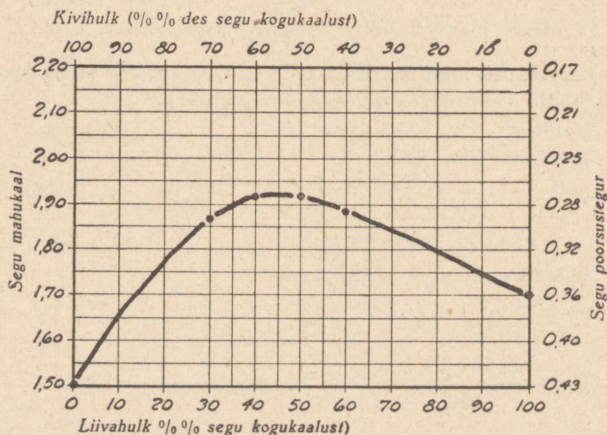
Proov 8.

Tegelikke segamiskatseid liiva ja kivimaterjaliga.

Segamiskatse otstarbeks on kas töökohal või laboratooriumis tegelike katsetamiste varal selgitada agregaadid otstarbekohaseimat koostist, et saavutada agregaadid segus võimalikult suurt tihedust. Mida suurem on tihedus või „tihumass“ säärasel segul, seda suurem on ka ta mahukaal. Seega on mahukaal tiheduse otseseks mõõduks.

Segamiskatse toimetatakse nii, et segatakse omavahel eri määrad liiva ja killustikku (või kruusa) ning määratakse saadud segu mahukaal nagu mainitud „proov 5“ all. Tulemusi on otstarbekohane kujutada graafiliselt nagu näidatud joon. 16.

Harilikult kõigub liiva osakaal 30 ja 70% piirides segu kogukaalust. See segu, mis annab kõige kõrgema mahukaalu, on teoreetiliselt küsimuses oleva juhuse jaoks kõige parem juhul, kui segu on küllalt hästi töötletav ning kui betooni tihendamisevahendid on otstarbekohased.



Antud:

Näide 12.

Liiv „l“, mahukaal = 1,70.

Killustik „k“ „ „ = 1,50.

Leida:

Kõige otstarbekohasem agregaadid segu, et saavutada segus võimalikult suurt tihedust.

Lahendus:

Katsesegud andsid järgmisi tulemusi:

1) 30% l + 70% k, mahukaal = 1,87.

2) 40% l + 60% k, „ „ = 1,92.

3) 50% l + 50% k, „ „ = 1,92.

4) 60% l + 40% k, „ „ = 1,89.

Kõverikust (joon. 16) selgub, et maksimaalne mahukaal saavutatakse seguga, mis sisaldab:

45 kaalu % liiva „l“.

55 „ „ % killustikku „k“.

Kui tarvitatakse mitut liiva- ja mitut killustikusorti, tuleb selgitada eraldi liivade ja eraldi killustikusortide mahukaale mitmesugustel mahu- või kaaluvahekordadel.

Alles seejärel toimetatakse peakatses eelpool kirjeldatud viisil.

Et seda katset sooritada võimalikult kergesti ja vähese materjalikuluga, tuleb seda süstematiseerida. Kui kasutada allpool toodud tabelis näidatud hulki liiva ja kivimaterjali, võib 9 kg kivimaterjaliga ja 21 kg liivaga viia läbi 10 erikatset. Kivimaterjali-kaal olgu kõigil katsetel võrdne, kuid liivakaal vaheldugu. Kui sooritada kõik 10 katset, siis kaalutakse 3 kg liiva ja 9 kg kivimaterjali (1) ning määratakse segu mahukaal 5-liitrilises mõõdunõus. Järgmises katses kasutatakse sama massi, kuid lisatakse juurde 0,86 kg liiva (2) ja jälle määratakse saadud segu mahukaal jne. Sel viisil võib katsetada läbi kõik või osa tabeli vasakul poolel antud protsentarvudest.

Katsed	Materjalisuhte % kogu kaal.		Materjal mahukaalu määramiseks 5-liitrilises mõõdunõus				
	Liiv	Kivimaterjal	Liiv kg	Kivimaterjal kg	Liivalisand eelmisele katsele kg	Liivalisand katsele nr. 1, kg	Segu kogukaal kg
1	25	75	3,00	9,0	—	—	12,00
2	30	70	3,86	9,0	0,86	0,86	12,86
3	35	65	4,85	9,0	0,99	1,85	13,85
4	40	60	6,00	9,0	1,15	3,00	15,00
5	45	55	7,37	9,0	1,37	4,37	16,37
6	50	50	9,00	9,0	1,63	6,00	18,00
7	55	45	11,00	9,0	2,00	8,00	20,00
8	60	40	13,50	9,0	2,50	10,50	22,50
9	65	35	16,75	9,0	3,25	13,75	25,75
10	70	30	21,09	9,0	4,25	18,00	30,00

Liiva ja kivimaterjali sõelumine.

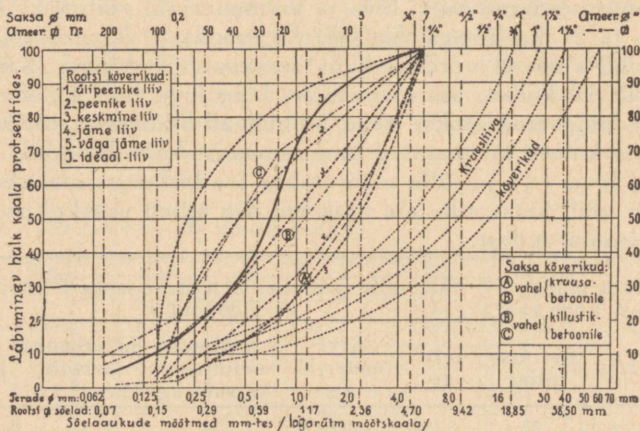
Sõelumisproov, mis harilikult sooritatakse laboratooriumis või ehituskontoris, peab andma täpselt selguse liiva ja kivimaterjali sortide kõlblikkuse ja otstarbekohasuse kohta betooni valmistamiseks. Seda katset on otstarbekohane toimetada sõelsarja abil, mis kuulub betoonitööde töövahendite hulka, ning tulemused esitada graafiliselt (vt. diagramm 17).

a. Liiva terasuskõverikud.

Diagrammil 17 on näidatud ka tüüpiliste liivade sõelumiskõverikud (1—5), millede abil katsetatavat liivasorti on kergem hinnata või võrrelda. (Samuti on võrdluseks toodud Saksa normide järgi betooniliiva kõverikud A, B, C). (A. G.)

b. Kõige otstarbekohasem liivakõverik tiheda betooni jaoks.

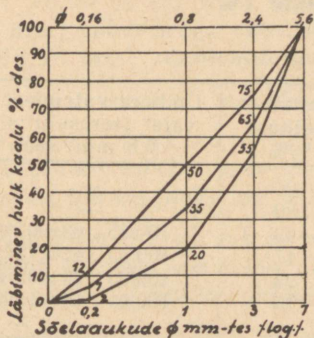
Kõverik, mis mitmel pool toimetatud katsete järgi on osutunud eriti sobivaks agregaadiks tiheda betooni valmistamiseks, on kujutatud joon. 17, J. Sel juhul on eriti tähtis korraldada nii, et alla 0,30 mm terasuurusega liiva osa oleks umbes 20% kogu liiva kaalust ¹⁾. ²⁾.



Joon. 17. Sõelumisdiagramm liiva ja kivimaterjali jaoks.

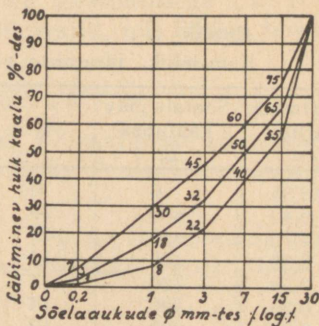
¹⁾ See on maisev keskmiste segude (1 : 4 ÷ 1 : 5) jaoks; lahjemate segude juures ülipeene liiva hulga-% peab olema veelgi kõrgem, kuna rasvasemate segude juures see võib olla madalam. (A. G.)

²⁾ Võrdluseks toome joonistel 18 ja 19 Saksa normide järgi betooniagregaatide kõverikud betoonite pealiskihki jaoks, (tugev betoon). (A. G.)



Joon. 18.

Saksamaa betoonteede pealiskihi betooniagregaatide kõverikud.



Joon. 19.

Näide 13.

Antud:

Liivsort, järgmiste sõelumistulemustega:

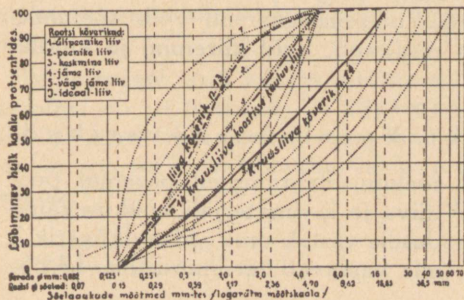
Sõelasilmade suurus mm	Sõelale jääv liivaosa gr	% kogu kaalust	Sõelumisel läbiminev liivaosa kaaluprotsentides
18,85	0	0	100%
9,42	0	0	100%
4,70	30	1	99%
2,36	270	9	90%
0,59	1200	40	50%
0,29	900	30	20%
alla 0,29	600	20	—
Kokku	3000	100	

Küsitakse:

Kas liiv on sobiv tiheda betooni valamiseks?

Vastus:

Võrreldes ideaalliiva-kõverikuga (joon. 17) selgub joonisest 20, et küsimuses olev liiv on sobiv tiheda betooni valmistamiseks.



Joon. 20. Liivakõverik näite 13 andmetel (katkendjoon) ning kruusliivakõverik näite 14 kohaselt (kriipspunktir). Punktirina on näidatud kruusliiva koostisse kuuluv „liiv“.

Näide 14.

Antud:

Kruusalik, järgmiste sõelumistulemustega:

Sõelasilmade suurus mm	Sõelale jääv kaaluosa gr	%	Läbiminev kaaluosa %%	Ümberarvutamisel „liivale“ (terasuurus alla 5,6 mm) saab
18,85	0	0	100	—
9,42	600	20	80	—
4,70	510	17	63	100/65 · 63 = 97%
2,36	480	16	47	100/65 · 47 = 72%
0,59	720	24	23	100/65 · 23 = 35%
0,29	390	13	10	100/65 · 10 = 15%
alla 0,29	300	10	—	—
Summa	3000	100		

Küsitakse:

Kas kruusakoostisse kuuluv liiv on betooni valmistamiseks sobiva terasusega?

Vastus:

Sõelumiskõveriku väljajoonistamisel selgub joonisest 20 (punkttiirkatkendjoon), et kruusaproov sisaldab 65 kaaluprotsenti „liiva“ (terasuurusega alla 5,6 mm), ja 35 kaaluprotsenti „kruusa“ (terasuurusega üle 5,6 mm). Seepärast tuleb esiteks teha ümberarvutus „liivale“, korrutades alla 5,6 mm terasuurusega protsendimäära käesoleval juhul arvuga $\frac{100}{65}$. Kui see ümberarvutatud liivakõverik välja joonestada (joon. 20 — katkendjoon), siis selgub, et liiv asub lähedal võrdluskõverikule 3 ja on seega betoonivalamiseks väga sobiv.

Proov 10.

Agregaadi koostamine sõelumiskõverikkude järele.

Samuti, nagu „proov 8“ all kirjeldatud viisil tegelike mahu-kaalukatsete kaudu võib saavutada kõige otstarbekohasemat vahetorda liiva- ja kivimaterjalile betoonsegus, nii võib sõelumiskõverike abil saavutada sama resultaati, kuid kiiremini ja kindlmini.

a. Liiva ja killustiku koostamiskõverikud.

Joon. 17 ja 21 kujutatud sõelumisdiagrammeil paremal pool leiduvad ka „ideaalkõverikud“ liiva ja kivimaterjali kokkusegamiseks; iga erineva killustiku jämedusele vastab oma „ideaalkõverik“; joonisel 17 on esitatud need, mis vastavad terasuurustele 18,85;

26,67; 38,50 ja 60 mm. Materjalile terasuurusega „1¹/₂“ (ca 38,50 mm) tuleb seega võtta ideaalkõverik, mis lähtub terasuurusest „38,50 mm“.

b. Rakendus.

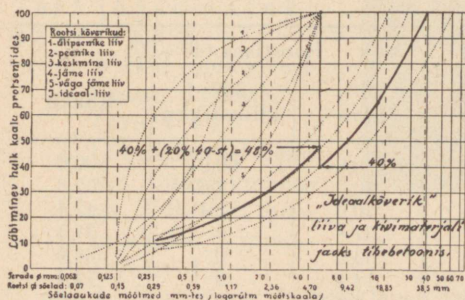
I. Tugev betoon. Joonisel 17 märgitud kõverikud esitavad ideaalkõverikke tugevbetooni jaoks. Valamisel saab aga betoon mõne juhuse jaoks liig. k a r e.

II. Tugev + tihe betoon. Kui on tarvis saada tugevat ja tihedat betooni, siis tuleb „ideaalkõverikku“ tõsta 10% võrra liiva osas, s. o. lisada rohkem liiva.

III. Tugev + tihe + niduv betoon. Kui nõutakse tugevat, tihedat ja hästinakkavat (niduvat) betooni, tuleb „ideaalkõverikku“ liiva osas tõsta 20% võrra, nii nagu näidatud joon. 21 killustiku maksimaalse terasuuruse juures = 38,5 mm.

Harilikult tuleb püüda just viimase ideaalkõveriku kuju poole.

Praktikas muidugi võib harva leida niisugust kivimaterjali, mis võimaldab säärase koostise, et tegelik kõverik täielikult langeks ühte ideaalkõverikuga. Tuleb siiski püüda, et tegeliku koostise kõverjoon oleks võimalikult lähedal ideaalkõverikule. Jämedamates



Joon. 21. „Ideaalkõverik“ tiheda betooni jaoks kivimaterjali maksimaalse terasuurusega = 38,5 mm. Teiste maksim. terasuuruste kohta on maksivad teised samal viisil joonistatud kõverikud.

terakoostistes ei ole lahkuminekul ideaalkõverikust nii suurt tähen-dust.

Teine reegel, eriti kui on küsimuses hea koospüsivusega betooni saamine, on, et tsemendi + ülipeenliiva ehk filleri (terasuurusega alla 0,3 mm) hulk peab tõusma kuni 350 kg/m³ betooni, s. o. ülipeenliiv on sel korral betooni jaoks seda tähtsam, mida lahjem on betoon. ¹⁾

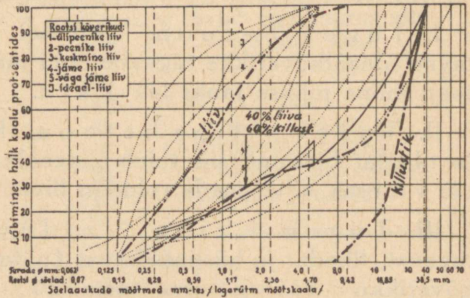
¹⁾ Vt. märkus ¹⁾ lk. 38.

Näide 15.

Antud:

Liiv- ja kivimaterjal, nagu kujutab joon. 22.

Joon. 22. Betoonsegu koostis näite 15 järele.



Leida:

Kõige otstarbekohasem koostis tugeva, tiheda ja hästinakkava betooni jaoks.

Lahendus:

Katsekoostis joon. 22 järele näitab, et segu: 40 kaalu-% liiva + 60 kaalu-% killustikku on hästi lähedal ideaalkõverikule. Selle kõveriku arvutus selgub allolevast tabelist:

Sõelasil- made suurus	Läbiminek kaalu-%		Koostises (40+60)		
	Liiva	Killustikku	40% liiva	60% killustikku	Kokku
38,50	100,0	100,0	40,0	60,0	100,0
18,85	100,0	21,0	40,0	12,6	52,6
9,42	100,0	4,0	40,0	2,4	42,4
4,70	94,5	0	37,8	0	37,8
2,36	84,0	0	33,6	0	33,6
0,59	36,0	0	14,4	0	14,4
0,29	16,5	0	6,6	0	6,6

D. PROOVIMISVAHENDID.

Eelmises peatükis kirjeldatud materjaliuuri-
miste toimetamiseks peab
olema kasutada vajalik
kogu töövahendeid. All-
pool on esitatud lihtne ja
praktiline kogu katse-
vahendeid:

a) lihtsamateks
kontrollkatse-
teks töökojal
joon. 23.

b) üksikasjali-
kumateks uuri-
mistöödeks labo-
ratooriumis või
insenerikonto-
ris joon. 24.

Katsevahendite kogu
sisaldab:

a) Lihtsamateks
katseteks:

nr. 1. 3%list naatriumi-
lahust, 1 pudel
(proov 1).

„ 2. Läbipaistvast klaa-
sist pudel, mahu-
ga 250 cm³, huu-
muskatse jaoks
(proov 1).

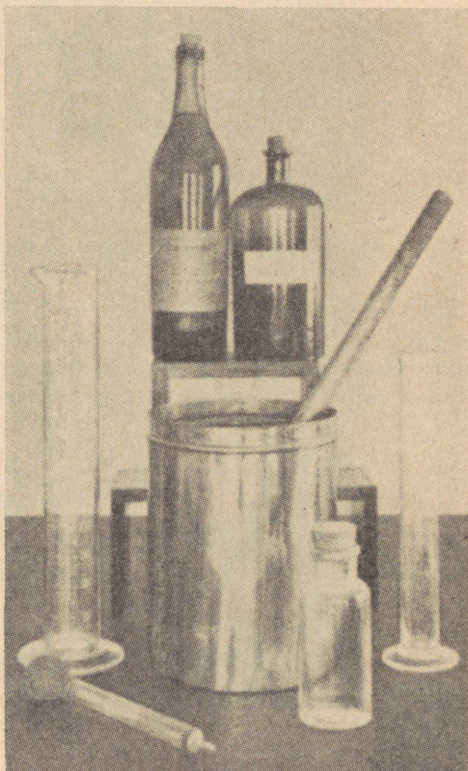
nr. 3. Jaotustega mõõduklaas (mensuur), mahuga 150 cm³,
savi- ja mudasisalduse uurimiseks (proov 2) ning dena-
turaat-piirituse mahukaalu määramiseks (proov 4).

„ 4. Plekist mõõdunõu, mahuga 5 l, liiva „paisumisproovi“
(proov 3), mahukaalu (proov 5-b), poorsusteguri
(proov 6) ja muu jaoks.

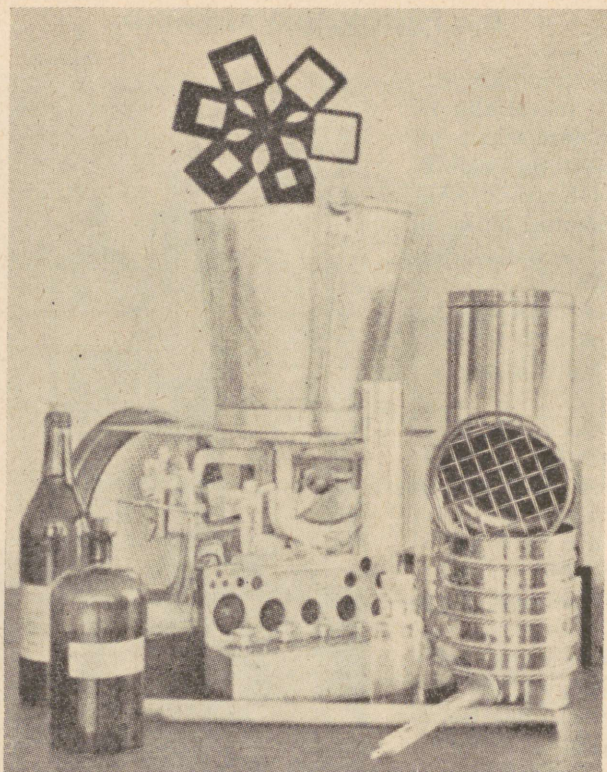
„ 5. Denaturaat-piiritust, 1 pudel (proov 4).

„ 6. Areomeeter denaturaat-piirituse mahukaalu määrami-
seks (proov 4).

„ 7. Jaotustega mõõduklaas (mensuur), mahuga 500 cm³,
niiskuse määramiseks (proov 4) ja mitmesugusteks vee-
mõõtmisteks.



Joon. 23.



Joon. 24.

nr. 8. Ümmargune raudpulk, 50 cm pikk, 20-mm läbimõõduga, ümmardatud otsaga, mahukaalu-katse jaoks (proov 5-a).

b) Üksikasjalikumateks uurimisteks.

Peale p. a) all nimetatud abinõude lisaks:

nr. 9. Vedrukaal või kaalud vihtidega mahukaalu määramiseks (proov 5-a), tegelikkude segamiskatsete (proov 8) ja sõelumisproovi (proov 9) jms. jaoks.

„ 10. Sari sõelu ja „tõlk“ sõelumisproovide jaoks (proov 9). (Mõõdunõu (vt. nr. 4. eelpool) on kestaks või ümbrikuks sõelasarjale, kuid on saadaval ka eraldi.)

„ 11. Plekkämber umbes 15-liitrilise mahuga ühes mõõdu-tikuga tsemendihulga määramiseks tihebetooni jaoks (proov 11) jne.

II. VEEKINDEL BETOON.

TSEMENDIHULK TIHEDA BETOONI SAAMISEKS.

Tihedat betooni, teatud liiva ja kivimaterjali kasutades, saadakse, kui õõnsused „liiva + kivimaterjali“ segus on hästi täidetud tsementkitiga. Sellest lihtsast põhimõttest lähtudes näidatakse allpool, kuidas määrata kindlaks seks tarvilikku tsemendihulka.

Proov 11.

a) **Praktiline katse.**

Et tihebetooni jaoks leida minimaalset tsemendihulka, tuleb määrata esiteks „proov 5“ kirjeldatud viisil liiva ja kivimaterjali mahukaal, kumbki omaette, ja seejärel „proov 8“ all kirjeldatud viisil määrata säärane vahekord liiva ja kivimaterjali vahel, mis annab võimalikult suure mahukaaluga segu.

Seejärel kaalutakse sest segust teatud hulk (liiv + kivimaterjal, kaaluga = näiteks 20 kg), ja kogu segu pannakse „proov 6“ all kirjeldatud viisil umbes 15 l mahuga mõõdunõusse. Mõõdunõusse pandud segu maht mõõdetakse kas mõõdutiku abil või muul teel, misjärel nõusse valatakse vett nii palju, et veepind tõuseb just kivimaterjali-segu pealispinnani, s. o. täielikult täidab õõnsused segus. Tarvitatud veehulk märgitakse üles.

Tiheda betooni saamiseks tuleb kaalutud liiva ja kivimaterjali hulga jaoks võtta vähemalt sama palju või 5÷10% enam tsementi, *) kui on vee maht, mis kulus õõnsuste täitmiseks.

Näide 16.

Antud:

Liiv mahukaaluga = 1,70.

Killustik mahukaaluga = 1,50.

*) Peaks olema tihedalt pakitud tsementi, s. o. mahukaaluga $1,8 \div 2,0$ kg/l.
(A. G.)

„Proov 8“ kohaselt toimetatud uurimine näitas, et kõige otsarbekohasem segu on 40 kaalu-% liiva + 60 kaalu-% killustikku.

Leida:

Võimalik minimaalne tsemendihulk tiheda betooni saamiseks.

Lahendus: Segu, millesse kuulub 8 kg liiva (40% 20-st kg) + + 12 kg killustikku (60% 20-st kg) andis 15-liitrilisse nõusse panduna 9,75 l segu. Selle õõnsuste täitmiseks kulus 2,2 l vett.

Nõuetav segu tiheda betooni jaoks on järelikult:

tsementi vähemalt 2,2 l¹⁾;

liiva 8 kg ehk $\frac{8}{1,70} = 4,7$ l.

killustikku 12 kg ehk $\frac{12}{1,50} = 8,0$ l.

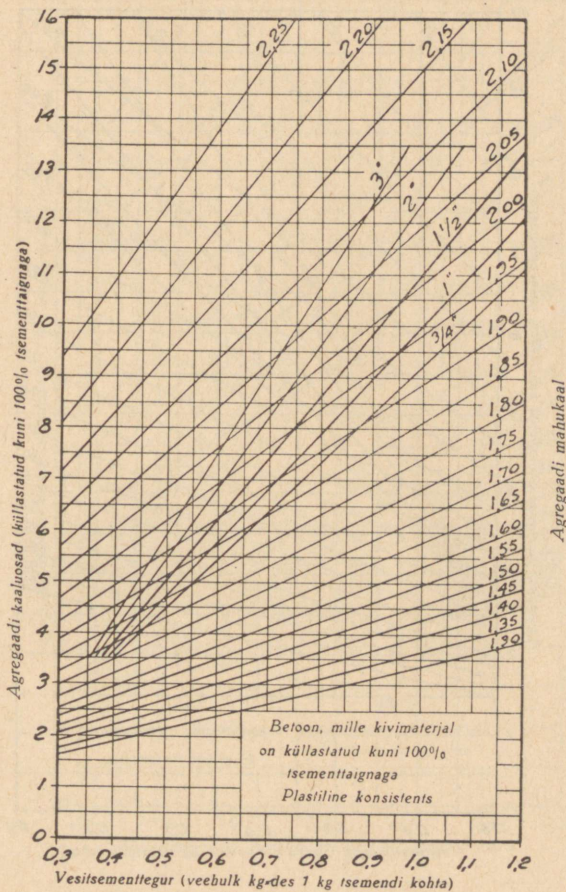
s. o. mahusuhtega: $1 : \frac{4,7}{2,2} : \frac{8,0}{2,2} = 1 : 2,13 : 3,64$.

b) Teoreetiline katse.

Võimalik-minimaalset tsemendihulka tiheda betooni jaoks võib veel kindlamini määrata teoreetiliselt, nagu seda lühidalt kirjeldatud eelpool ning selgitavad diagrammid 25, 26, 27 ja 28.

Alltoodud graafikutes on näidatud konsistentsjooned plastilise betooni jaoks, kuna harilikult valmistatakse veekindel betoon plastilise konsistentsiga. Kui juhtub, et „mahukaalujoon“ jääb küsimuses olevast konsistentsjoonest kõrgemale, s. o. ei löiku viimasega, siis tähendab see ainult seda, et antud tsemendi ülemääraga

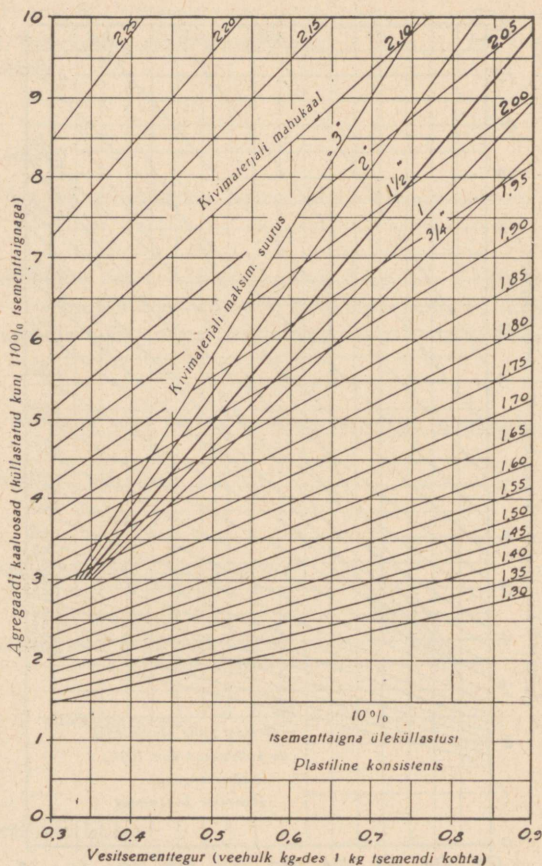
¹⁾ Tihedalt sisseraputatud seisukorras mahukaaluga $1,8 \div 2$ kg/l; järelikult tsemendi kogukaal oleks: $(1,8 \div 2) \times 2,2 = (4 \div 4,4)$ kg. (A. G.)



Joon. 25. Graafik plastilise betooni jaoks, milles õõnsused 100% ulatuses on täidetud tsemентаignaga.

ei ole võimalik saavutada plastilist konsistentsi, vaid selle saavutamiseks on nõuetav suurem üleküllastus. Võttes praktiliselt ülemiseks piiriks mahukaalule arvu 2,05, mis on soovitatav, tuleb harva tarvidust arvestada eelmainitud asjaoluga.

Masinaga segatud betooni jaoks on nõuetav harilikult 10÷15% ja muil juhtudel 15÷20% üleküllastust tsemентаignaga. Kõverikude kasutamiseks peab olema ette teada kokkusegatud liiva + kivimaterjal-massi mahukaal (proov 5) ning nõuetav tsemентаigna üleküllastus.



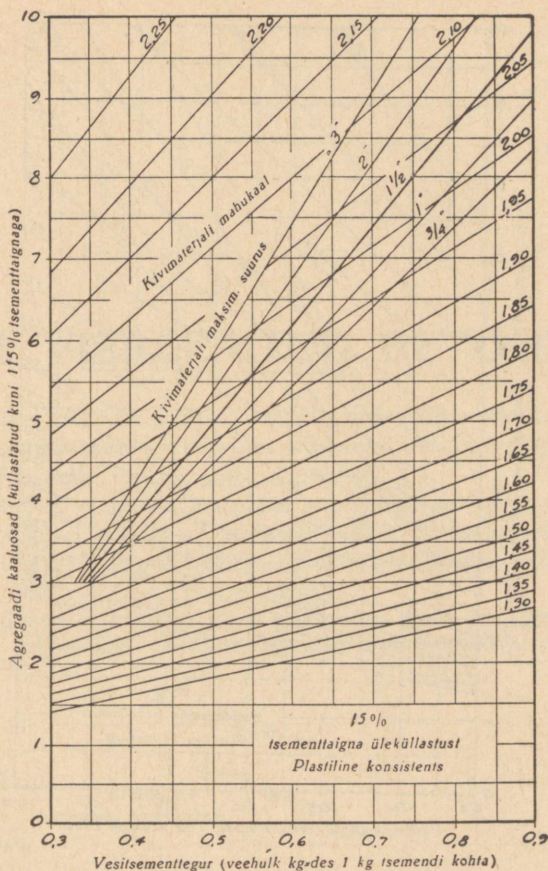
Joon. 26. Graafik plastilise betooni jaoks 10% tsementaigna üleküllastusega.

Tsemendihulga küsimuses oleva juhuse jaoks võib siis leida joonisest 7.

Näide 17.

Leida:

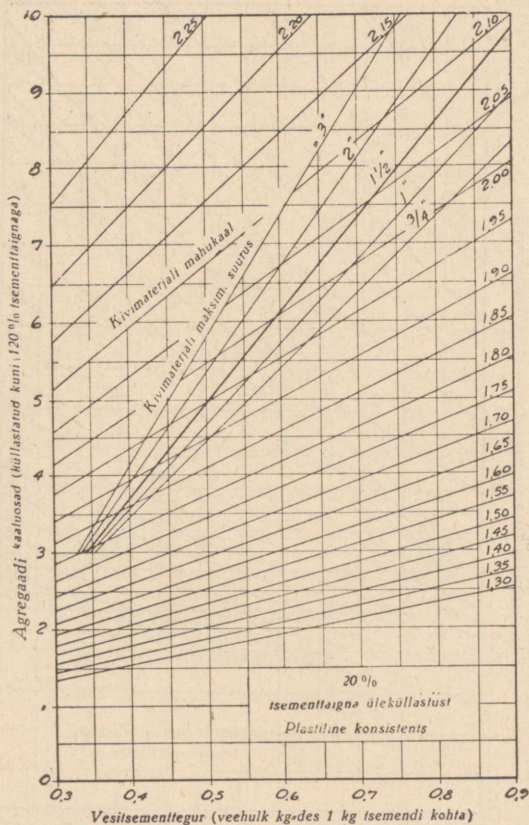
Missugune peab olema seguvahekord ja vesitsementtegur plastilise konsistentsiga ja 15% tsementaigna üleküllastusega betooni valmistamiseks, kui agregaadisegu mahukaal on 1,95 ja maksimaalne terasuurus 1''?



Joon. 27. Graafik plastilise betooni jaoks 15% tsementaigna üleküllastusega.

Vastus:

Joonisest 27 leiame joonte „kivimaterjali mahukaal“ = 1,95 ja „konsistentsjoone kivimaterjali maksimum suuruse 1“ jaoks“ lõikpunkti kohal, et plastilise konsistentsi jaoks on nõuetav 1 kaaluosa tsementi : 6 kaaluosa agregaadiga kohta, kusjuures vesitsementtegur = 0,62. Edasi leiame joon. 7, et see seguvahekorde ja vesitsementtegur vastavad tsemendihulgale 295 kg 1 m³ betooni kohta.



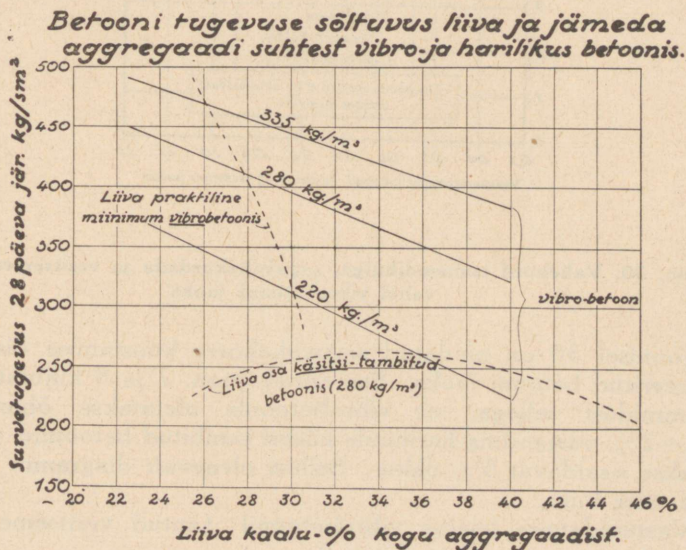
Joon. 28. Graafik plastilise betooni jaoks 20% tsementtaigna üleküllastusega.

Enam kui teistel betoontöödel on just veekindla betooni valmistamise juures maksev nõue, et värsket betooni hoolsalt kastetaks ja hoitaks märg vähemalt 1 kuu kestel.

III. VIBREERITUD BETOON.

Vibreeritud betoon hakkab leidma üha enam tarvitamist, mille tõttu ikka sagedamini kerkib üles küsimusi nende iseäralduste suhtes, mis tuleb selle juures võtta arvesse.

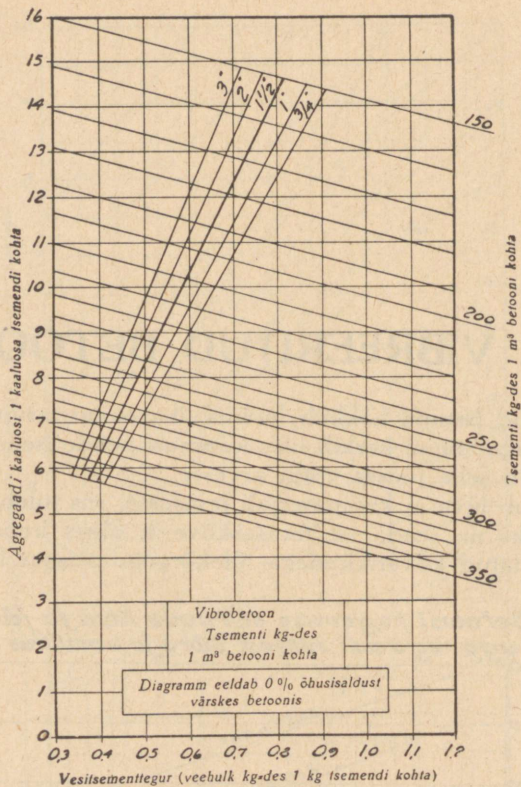
Mis puutub liiva ja kivimaterjali terasusse, siis tuleb seda vibrobetooni jaoks nii seada, et terasuskõverik oleks kooskõlas joon. 17÷22 näidatud kõverikkudega, ülekõrgendamisetä liiva osas.¹⁾



Joon. 29.

(A. G.)

¹⁾ Vibrobetooni agregaadis ei tohiks olla liiva üle $\frac{1}{3}$, kuna $\frac{2}{3}$ oleks kruusa või killustikku, nagu näha joon. 29. (A. G.)



Joon. 30. Vahekord tsemendihulga, seguvahekordade ja vesitsemenditeguri vahel vibrobetooni jaoks.

Joonisel 30 on näidatud seguvahekorra koostamise diagramm vibreeritud betooni jaoks. See erineb joon. 7 ja 8 kujutatud diagrammidest sellega, et vibrobetoonis oletatakse õhusisaldust 0%÷2%, vastandina harilikule käsitsi tambitud betoonile, mis oletatakse sisaldavat 5% õhku. Sellest olenevalt diagramm on saanud teise kuju.

Vastupidavuse leiame vibrobetoonil (antud vesitsemenditeguri juures) nagu varemgi joonisest 9.

Näide 18.

Leida:

Missugune peab olema seguvahekord ja vesitsementtegur vibrobetooni valmistamiseks tsemendisaldusega 250 kg/m^3 kohta, kui kivimaterjali maksimaalne terasuurus on 2"?

Vastus:

Joonisest 30 leiame „tsemendihulga joone 250 kg“ ja „konsistentsjoone 2" kivimaterjalile“ löikepunkti kohal, et vibrobeetooni jaoks on nõuetav 1 kaaluosa tsemendi kohta 8,4 kaaluosa agregaat ja vesitsementtegur = 0,48. Edasi leiame joon. 9, et betoon omab 28-päevase kõvenemise järel vastupidavuse 335 kg/cm^2 Rootsi A-tsemendi puhul või 400 kg/cm^2 Eesti portlandtsemendi puhul.

(A. G.)

IV. BETOONISEGUDE MATEMAATILINE ARVUTAMINE.

Käesolevas raamatus toodud segude koostamisgraafikud on arvatud eeldusega, et liiva ja kivimaterjalide erikaal on = 2,65, (nn. „raudkivikruusa“ või -killustiku ja -liiva puhul), mis tuleb lugeda meie kiviliikide suhtes harilikult sobivaks keskarvuks. Kui erikaal on sellest erinev (näiteks paekivikruusa ja -killustiku puhul), tuleb teha vajalikke matemaatilisi arvutusi.

Betoonsegude matemaatilise arvutamise jaoks on maksev järgmine üldvalem: ¹⁾

$$\frac{C}{C_{sp}} + \frac{S}{S_{sp}} + H_2O + L = 1 \text{ m}^3 \text{ betooni, kus}$$

C = tsemendihulk kg-des 1 m³ betooni kohta

S = agregaadihulk „ 1 „ „ „ „

H₂O = veehulk „ 1 „ „ „ „

L = õhumaht liitrites 1 m³ värske betooni kohta

C_{sp} = tsemendi erikaal

S_{sp} = agregaadid erikaal.

Valem avaldab seega, et antud hulk tsemendihumassi + liiv- ja killustikmass + vesi + õhk kokku moodustavad 1 m³ betooni.

Kui avaldada veehulka vesitsemenditeguri (V) näol ja agregaadid kaalu ühe kaaluosa tsemendi kohta segus nimetada „a“, saab valem järgmise kuju:

$$\frac{1}{C_{sp}} + \frac{a}{S_{sp}} + V = \frac{1000 - L}{C} \quad (1)$$

Sel kujul on hõlpus kasutada valemit igasuguse betoonsegu arvutamiseks.

„C_{sp}“ — tsemendi erikaal — võib võtta portlandtsemendil ²⁾ 3,10.

¹⁾ Vt. lk. 35.

²⁾ Eesti tsemendil C_{sp} = 3,125 ÷ 3,151, keskm. 3,13.

„S_{sp}“ — segu hulka kuuluva liiva, killustiku jt. erikaal — tuleb igal juhul eraldi kindlaks määrata.

„V“ — vesitsementtegur — võib küllaldase täpsusega leida joon. 7 või 8 kujutatud graafikust.

„L“ — õhuhulka värskes betoonis — võib võtta hariliku betooni jaoks = 50 l 1 m³ kohta (5% õhku)³), kuid vibreeritud betoonil 1 m³ kohta 0 l (0% õhku).

„a“ — liiva + killustiku jt. kaal ühe kaaluosa tsemendi kohta segus — on harilikult otsitav suurus.

„C“ — tsemendikaal kg-des 1 m³ betooni kohta — on harilikult antud suurus.

Näide 19.

Antud:

Tsemendihulk = 300 kg 1 m³ betooni kohta.

Konsistents: plastiline.

Kivimaterjali maksimaalsuurus = 1 $\frac{1}{2}$ “.

Liiva ja kivimaterjali aineosade proportsioonid ja erikaal:

40	kaaluprotsenti liiva,	erikaaluga	= 2,58
30	„	peenemat killustikku	„	= 2,72
30	„	jämedamat	„	= 2,65

100 kaaluprotsenti segu.

Leida:

Betooni seguproportsioonid.

Lahendus:

Nõuetav vesitsementtegur (ligikaudu) joon. 7 järgi = 0,58.

Asetades arvud valemisse 1, saab:

$$\frac{1}{3,1} + a \cdot \left(\frac{0,40}{2,58} + \frac{0,30}{2,72} + \frac{0,30}{2,65} \right) + 0,58 = \frac{1000 - 50}{300}$$

$$0,323 + a(0,155 + 0,110 + 0,113) + 0,58 = 3,168$$

$$0,378 a = 2,365; a = 6,26.$$

Seega on nõuetav segu 1 : 6,26 kaaluosa, mis vastab järgmisele proportsioonile:

1 kaaluosa tsementi,

2,50 „ liiva (0,40 × 6,26 = 2,50),

1,88 „ peenemat killustikku (0,30 × 6,26 = 1,88),

1,88 „ jämedamat „ (0,30 × 6,26 = 1,88).

³) Lahjemate segude puhul, kus tsementi alla 200 kg/m³, tuleb võtta õhku 7 ÷ 10%. (H. O.)

Näide 20.

Antud:

Sama, mis näites 19, arvatud välja konsistents, mis käesoleval juhul peab olema kohane vibreerimiseks.

Leida:

Betooni seguproportsioonid.

Lahendus:

Nõuetav vesitsementtegur (ligikaudu) on joon. 30 järgi = 0,42.

$$\frac{1}{1,31} + a \cdot \left(\frac{0,40}{2,58} + \frac{0,30}{2,72} + \frac{0,30}{2,65} \right) + 0,42 = \frac{1000}{300}$$

$$a = 6,85.$$

Seguvahekorra arvutamiseks peale eeltoodud valemi mõnikord võib olla huvitav arvutada ka betoonsegu tsemenditaigna küllastusastet.

Sel juhul lähtevalem on järgmine:

$$\frac{\frac{b}{a \cdot C_{sp}} + \frac{b \cdot V}{a}}{1 - \frac{b}{S_{sp}}} = M, \text{ kus:}$$

M = tsemenditaigna küllastusaste;

a = koguagregaadi- ja tsemendikaalu suhtearv;

b = ühtesegatud agregaaadi mahukaal;

C_{sp} = tsemendi erikaal;

S_{sp} = agregaaadi erikaal;

V = vesitsementtegur.

Valemis on murru lugejas : tsementmass + vesi, s. o. tsemenditaigen, ja nimetajas vastava kivimaterjal-massi „õhuruum“. Valemi võib kirjutada ümber järgmiselt:

$$\boxed{\frac{\frac{1}{C_{sp}} + V}{a \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{S_{sp}} \right)}} = M \dots \dots \dots (2),$$

„b“, s. o. ühtesegatud kivimaterjal-massi mahukaal, tuleb määrata igal eri juhul eraldi. Ses valemis muude tegurite suhtes on maksev sama, mis öeldud valemi 1 juures.

On arv M suurem kui 1, näitab see, et käesolevas segus on tsemenditaignat üle määra, ja on M vähem kui 1, tähendab see, et tsemenditaignat on puudujäägiga.

Näide 21.

Antud:

Sama, mis näites 20; peale selle on kokkusegatud kivimaterjal-massil mahukaal arvatud = 2,09 (proov 5 kohaselt).

Leida:

Segu tsementtaigna küllastusaste.

Lahendus:

Asetades arvud valemisse 2, saab:

$$\frac{\frac{1}{3,1} + 0,42}{6,85 \left[\frac{1}{2,09} - \left(\frac{0,40}{2,58} + \frac{0,30}{2,72} + \frac{0,30}{2,65} \right) \right]} = M;$$

$$\frac{0,323 + 0,42}{6,85 \cdot (0,479 - 0,378)} = M;$$

$$\underline{M = 1,073.}$$

Käesolevaks segus on seega ülemäärast tsementtaignat 7,3%.

Avalduse $\frac{1000 - L}{C}$ leidmiseks valemis 1 olgu toodud allpool-järgnev tabel:

Tsemendihulk kg-des 1 m ³ betooni kohta:	Harilik betoon; 5% õhku:	Vibrobetoon; 0% õhku:
400	2,375	2,500
375	2,533	2,668
350	2,715	2,857
325	2,925	3,078
300	3,168	3,333
275	3,455	3,636
250	3,800	4,000
225	4,224	4,445
200	4,750	5,000
175	5,430	5,710
150	6,340	6,666

V. ÜLDISI JUHISEID BETOONI- VALMISTAMISE KOHTA.

Allpool olgu toodud mõningaid lühidaid juhiseid hariliku betooni valmistamise kohta:

1. Alati peetagu silmas algnõudeid materjalide puhtuse suhtes.
2. Sobivate seguproportsioonide kindlaksmääramist võib toimetada otstarbekohaselt nii, nagu see kirjeldatud käesoleva käsiraamatu I. osa peatükkides B, C ja D.

3. On eriti tähtis, et töö segu (looduslikult niiske kivimaterjaliga nende andmete kohaselt, mis näidatud joonega piiratud lk. 21 ja 23), saaks korralik.

4. Kõiki betooni aineosaid tuleks võtta võimalikult kaalu järgi, missugune meetod kõige kindlamalt tagab betooni ühtlase koostise.

5. Kui pole võimalik toimetada kaalumist, võib lihtsamatel töödel liiva ja kivimaterjali võtta mahumõõdus, kusjuures tuleb teha seda nii suure täpsusega kui võimalik (on soovitatav mõned mahtäied siiski ära kaaluda).

Liiva ja kivimaterjali kontrollmõõtmist võib otstarbekohaselt toimetada kärudes, milledele on varem tehtud eri mahtude kohaselt selgeltnähtavad märgid, või mis on varustatud tõstetava ja allalastava plekist või puust liistuga, millega vastaval kõrgusel ainese kuhja maha tasandades jääb kärusse õige materjalihulk.

6. Olenemata sellest, kas tarvitatakse kaalumist või mahumõõtmist, tuleb segude suurus valida nii, et segusse läheks täisarv pooli või terveid kotte tsementi, et mitte mõõta tsementi mahuga, mis annaks suuremaid vigu.

7. Kui erandjuhtumil tsementi mõõdetakse segistisse lahtiselt pangedes, tuleb 1 m³ betooni kohta õige tsemendikaalu saavutamiseks suurendada tsemendimahtu umbes 10% võrra, sest kohedama oleku tõttu lahtine tsement on vähema mahukaaluga kui tsement kotis.

8. Kui segistil on automaatne veemõõtja, tuleb täpselt kontrollida, kas see vastavale veehulgale seatuna tõelikult annab nõuetavat veehulka.

9. Vett lisatakse segistisse pidevalt, ühel ajal kivimaterjaliga või pärast seda.

10. Segamist tuleb toimetada hariliku tsemendi puhul vähemalt 1 minut pärast seda, kui kõik aineosad, vesi kaasa arvatud, on pandud segistisse. Veekindla betooni segamist tuleb toimetada vähemalt 2 minutit.

11. Segisti tiirlemiskiirus peab olema ca 15÷20 tiiru minutis, olenevalt segisti tüübist.

12. Armeeritud betoonis kivimaterjali suurus (suurim läbimõõt) ei või ületada raudade vaba vahet ega olla suurem kui:

30 mm, konstruktsiooniosades paksusega alla 10 cm.

45 „ „ „ „ 10÷30 „

70 „ „ „ „ 30÷60 „

Konstruktsiooniosadel, millede paksus on üle 60 cm, võib kivi läbimõõt olla suurem või kasutatakse neis säästekive.

13. Enne valamist peab olema vorm hästi puhastatud ja läbi imunud veega. Väga sooja ilmaga ja päikesepaiste puhul tuleb kasta vormi sobival viisil ka betooni valamise ajal.

14. Betoonivalamist ei või alustada enne kui kogu armatuur vastavas konstruktsiooniosas on täiesti valmis.

15. Armatuur peab olema tehtud hoolsasti ja joonistusele vastavalt.

16. Seejärel, kui betoonimass on väljunud segistist, ei või sellele enam juurde lisada vett ega muid aineosi. Kui konsistents on tulnud säärane, et betoonimass ei ole hästi käsitletav, on parem heita see kõrvale või võimalikul korral uuesti lasta segistisse.

17. Valamisaigal kallatakse betoon kas segamislauale ja kühveldatakse ümber enne vormi asetamist või valatakse vahenditult vormi, kui see on võimalik, ilma et seega betooni aineosad eralduksid (segregeruksid).

18. Suure kallamiskõrguse juures — 1,5 m ja üle selle — tuleb betoonmassi valada vormi rennide või torude abil.

19. Üle 1 m kõrgusega õhukeste seinte, peenikeste sammaste, tugede jne. valamisel peab vorm ühest küljest olema lahti ja tehtama vähehaaval juurde sedamööda, kuidas toimub valamine.

20. Kui selgub, et betoonile tuleb panna rohkem vett kui ette määratud, tuleb selleks, et ettekirjutatud vesitsementtegur ei muutuks, lisada vastaval määral ka tsementi.

Tsemendi juurdelisamine võib aga jääda ära, kui vee lisamisega ainult kompenseeritakse seda veehulka, mis võib ära aurata betooni transporteerimisel või käsitlemisel.

21. Vesi, mille tekkimist betooni pinnale pole olnud võimalik ära hoida valamise kestel, tuleb ettevaatlikult kõrvaldada vastavate abinõudega.

22. Pärast valamist peab betooni katma kinni päikese, vihma või külma vastu. Harilikult betooni järelkastmist tuleb toimetada vähemalt 1 nädal, veekindlal betoonil ja betoonteel — vähemalt 4 nädalat.

23. Iga konstruktsiooniosa puhul tuleb teha ülesmärkimisi tsemendikulu, vesitsemmenteguri, seguproportsioonide jms. kohta. Iga liivasaadetise kohta märgitakse huumussisaldavus.

24. Vormide äravõtmine betooni ümbert ei või sündida varem kui alltähendatud aegadel:

a. Küljevormid, kuni 1,5 m kõrged.

7 ööba pärast, betoonitemperatuuri juures mitte alla $+5^{\circ}\text{C}$,

4 " " " " " " " $+10^{\circ}\text{C}$,

2 " " " " " " " $+15^{\circ}\text{C}$.

b. Küljevormid, üle 1,5 m kõrged, ja lagede ning silluste vormid.

14 ööba pärast, betoonitemperatuuri juures mitte alla $+5^{\circ}\text{C}$.

10 " " " " " " " $+10^{\circ}\text{C}$.

7 " " " " " " " $+15^{\circ}\text{C}$.

Nende aegade määramisel teatud betoonivalamis-töö juures tuleb siiski igal eri juhul eraldi otsustada, mil määral ühed või teised asjaolud võiksid anda põhjust kõnesolevate aegade pikendamiseks.

Betooni täielik koormamine nende keskmiste temperatuuride juures ei või sündida varem kui pärast kolme kordset eelnimetatud kõvenemisaega.

Mitmesuguste materjalide kaal ja maht.

(Tööde normide § 836 ja t.).

	Ühe kant- meetri kaal tonnides	Ühe tonni maht kant- meetrites
Alabaster või kips, sõelutud	1,26	0,8
Asfalt	1,05—1,16	0,95—0,87
Betoon, hästi tihedalt tambitud	2,3—2,5	0,43—0,4
Betoon, valatud või vähe tambitud	1,9—2,2	0,52—0,45
Pöllukivi, hunnikutes: suured, laotult 0,16 tüh- justega	2,3—2,2	0,43—0,45
Pöllukivi, hunnikutes: suured, laotult 0,16 tüh- justega	2,1	0,47
Paekivi, laotult 0,3 tühjustega	1,7	0,59
Graniitkivi-prügi 25—50 mm, hunnikutes 0,33 tühjustega	1,7—1,9	0,59—0,52
Paekivi, tihe,	2,0—2,66	0,5—0,39
Klaas, ilma seatinata	2,5—2,7	0,43—0,37
Kriit, tükkides	1,2—1,3	0,83—0,77
Liiv peenike, kuiv, puhas	1,4—1,5	0,71—0,67
Liiv mitmekesise teraga	1,6—1,7	0,67—0,59
Liiv, niiske	1,4—1,8	0,71—0,56
Kruus	1,5—1,8	0,67—0,56
Lubi, kustutatamata	0,8—0,9	1,25—1,11
„ kustutatud, pulbris	0,5—0,8	2,0—1,25
„ „ taigen (lubja vikk)	1,3—1,4	1,77—0,71
Lubjasegu 1:3, märg	1,6—1,9	0,62—0,52
Müüritis, seguga, paekivist	2,1—2,3	0,47—0,43
„ „ põletatud telliskivist	1,6—1,85	0,62—0,54
Tellis, hästi põletatud	1,7—2,0	0,59—0,5
„ nõrgalt „	1,3—1,5	0,77—0,67
Tsementkivid	1,8—2,2	0,56—0,45
Tsement hästi tihedalt pakitud (püttides)	1,7—2,0	0,59—0,50
„ vabalt mõõduriista valatud	1,2—1,35	0,83—0,74
Mustmuld	0,8—0,9	1,25—1,11
Muld, väljakaevatud, hunnikus	1,1—1,2	0,91—0,83
„ segatud kruusaga, maapõues	1,8—1,9	0,55—0,52
„ „ „ välja kaevatud	1,4—1,5	0,71—0,67
Savi, hunnikutes, väljakaevatuna	1,3—1,5	0,77—0,67
Raud	7,85	0,127
Vask	8,9	0,112
Seatina ehk plii	11,3	0,089
Malm	7,5	0,133
Tsink, valtsitud	7,2	0,139
Tamm, õhukuiv	0,7—0,9	1,43—1,11
Kask, „	0,6—0,8	1,67—1,25
Mänd, „	0,5—0,7	2,00—1,43
Kasepuud, seisnud 1 aasta, 1 m ³	0,4—0,5	2,5—2,0
Põlevkivi tükkides	0,85—0,9	1,18—1,11

**Osaainete keskmine kulu 1 m³ kohaleasetatud ja ti-
hendatud kruusabetonile.**

Tsemendi ja kruusliiva mahu- vahekord	Materjale		Tööjõud	
	Tsementi kg	Kruusliiva m ³	Betooni- töölisi	Liht- töölisi
1 : 4	370	1,25	0,20	0,98
1 : 5	300	1,26	0,20	1,01
1 : 6	260	1,27	0,20	1,03
1 : 7	235	1,27	0,20	1,04
1 : 8	210	1,27	0,20	1,05
1 : 9	185	1,27	0,20	1,06
1 : 10	165	1,27	0,20	1,07
1 : 12	140	1,28	0,20	1,09
1 : 14	115	1,29	0,20	1,11

Betoonsegu kadu betoonimisel on tabeli kokkuseadmisel arva-
tud 5%.

Kui kruusliiva sõeluda ei tule väheneb lihttööliste arv 1 m³
kruusliiva kohta — 0,14.

1 m³ tsementsegu valmistamiseks keskmiselt läheb:

Osaineid	Segu vahekord- mahuosades	1 : 1	1 : 1 1/2	1 : 2	1 : 2 1/2	1 : 3	1 : 4	1 : 5
		Tsementi	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> { kg m³ </div>	780	650	540	480	430
Liiva	m ³	0,65	0,78	0,87	0,95	1,02	1,08	1,10

**Osaainete keskmine kulu 1 m³ kohaleasetatud ja ti-
hendatud betoonile (muldniiskest segust).**

Segu vahekord mahu järgi	Tsementi		Liiva ühes 5 ⁰ / ₀ lisaga söelmete peale	Kivikillus- tikku või kruusa
	kg	l i i t r i d		
1 : 1 : 1	650	520	550	540
1 : 1 : 1 ¹ / ₂	560	450	480	690
1 : 1 : 2	490	390	410	800
1 : 1 ¹ / ₂ : 2 ¹ / ₂	390	310	490	780
1 : 2 : 2	380	305	660	630
1 : 2 : 3	325	260	560	790
1 : 2 : 4	280	225	470	900
1 : 2 ¹ / ₂ : 3	300	240	650	730
1 : 2 ¹ / ₂ : 4	265	210	560	840
1 : 2 ¹ / ₂ : 5	235	185	490	950
1 : 3 : 3	275	220	710	680
1 : 3 : 4	240	190	620	790
1 : 3 : 5	215	170	560	880
1 : 3 : 6	195	155	490	950
1 : 4 : 4	215	170	730	700
1 : 4 : 5	195	155	660	790
1 : 4 : 6	175	140	610	850
1 : 5 : 7	145	115	610	820
1 : 5 : 9	125	100	550	1000
1 : 6 : 7	135	110	710	830
1 : 6 : 8	120	100	640	840

Pehme betooni jaoks läheb ligi 7% vähem lisaaineid.

Tsementi mahukaaluks on võetud 1,25 kg/l.

Liiv on mõeldud kuiv.

Ümarraud.

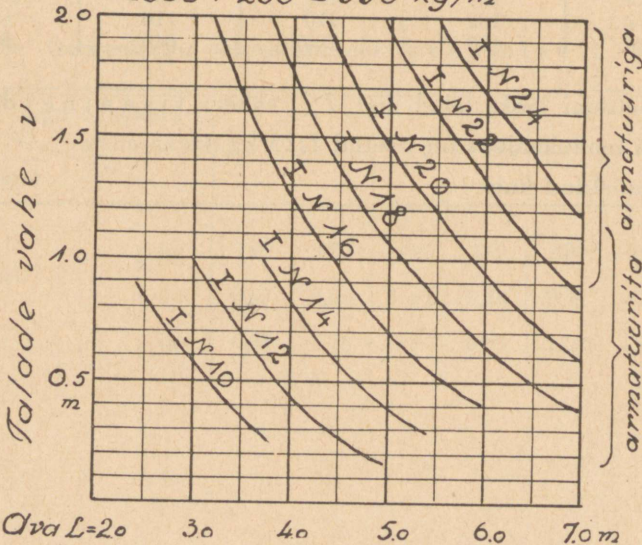
Läbimõõt mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kaal kg/m	0,006	0,025	0,055	0,099	0,154	0,222	0,302	0,395	0,499	0,617	0,746	0,888	1,042
Lõikepind cm ²	0,008	0,031	0,07	0,13	0,20	0,28	0,38	0,50	0,64	0,79	0,96	1,13	1,33

Läbimõõt mm	14	15	16	17	18	19	20	22	24	25	26	28	30
Kaal kg/m	1,208	1,387	1,578	1,782	1,998	2,226	2,466	2,984	3,551	3,853	4,168	4,834	5,549
Lõikepind cm ²	1,54	1,76	2,01	2,27	2,54	2,84	3,14	3,80	4,52	4,91	5,31	6,16	7,07

Topel I-talad.

Nimetus nr.		10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Kõrgus (h)	mm	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
Laius (b)	mm	50	58	66	74	82	90	98	106	113	119	125
Kaal (G)	kg/m	8,32	11,2	14,4	17,9	21,9	26,3	31,1	36,2	41,9	48,0	54,2
Püsivuse moment (J _x)	cm ⁴	171	328	573	935	1450	2140	3060	4250	5740	7590	9800
Vastupid. moment (W _x)	cm ³	34,2	54,7	81,9	117	161	214	278	354	442	542	653

Lae omakaal + kasulik koormus =
= 300 + 250 = 550 kg/m²



Kõverad betoonlae raudtalade profiili määramiseks.

Hind 80 senti

A

13259